

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Zařízení pro dopravu odpadních třísek
Equipment for Transportation of Waste Swarf

Student:

Bc. Marian Cienciala

Vedoucí diplomové práce:

Dr. Ing. Anna Plchová

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student:	Bc. Marian Cienciala
Studijní program:	N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor:	3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace:	20 Výrobní stroje a zařízení
Téma:	Zařízení pro dopravu odpadních třísek Equipment for Transportation of Waste Swarf
Zásady pro vypracování:	

1. Proveďte rešerši obdobných zařízení v dané oblasti.
2. Navrhněte variantní řešení konstrukce zařízení pro dopravu odpadních třísek z pracovního prostoru a zdůvodněte výběr řešené varianty v souladu s cíli práce.
3. Pro vytvoření 3D modelu vašeho řešení zvolte CAD/CAM systém používaný na Fakultě strojní.
4. Ze 3D modelu vytvořte sestavné výkresy vámi navrhovaného zařízení.
5. Nakreslete jeden dílenský výkres ze sestavy (zadání bude upřesněno v průběhu řešení).
6. Proveďte nezbytné výpočty s využitím speciálních SW.
7. Diplomová práce vyhotovená v souladu s požadavky a předpisy FS bude obsahovat úvodní rešerši, návrh konceptu, nezbytné pevnostní výpočty a popis konstrukčního řešení.
8. Proveďte výkresovou dokumentaci v celkovém rozsahu cca 2xA0.
9. Bližší specifikaci určí zadavatel z firmy WYFRO Jindřich Worek.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] FS_SME_05_003 verze: G *Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.*,
- [2] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.* Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [3] NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů.* 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
- [4] BOHÁČEK, F. *Části a mechanismy strojů I a II.* Brno: VUT Brno, 1987.
- [5] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky* (4. přepracované vydání). Úvaly, 2008, ALBRA – pedagogické nakladatelství. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [6] DEJL Z. *Konstrukce strojů a zařízení I – Spojovací části strojů.* Ostrava: Montanex, 2000. 225s. ISBN 80-7225-018-3.
- [7] PLCHOVÁ, A., HRUDIČKOVÁ, M. *Design v konstrukci strojů návody do cvičení: skriptum.* 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2005. 54 s. ISBN 80-248-0794-7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Dr.Ing. Anna Plchová**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Illavský, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Marian Cienciala

Adresa trvalého pobytu autora práce: Lidická 795, Třinec, 73961

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

CIENCIALA, M. Zařízení pro dopravu odpadních třísek: diplomová práce, Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2015, 65 s. Vedoucí práce: Dr. Ing. Plchová, A.

Diplomová práce se zabývá návrhem zařízení pro dopravu třísek z pracovního prostoru. Cílem práce je navrhnout vlastní konstrukci a řešení, které bude spolupracovat s obráběcím CNC soustruhem JohnFord ST 100CX. Pomocí rešerše jsou zmapovány dostupné dopravníky na trhu. Celý návrh se odvíjí od obráběného materiálu. Poté následuje kapitola zaměřená na konstrukci jednotlivých částí dopravníku. Hlavní části jako hřídel a pás jsou podrobeny výpočtům. Součástí práce je 3D model finálního návrhu, výkresová dokumentace některých částí a také výkres sestavy.

ANNOTATION OF MASTER'S THESIS

CIENCIALA M., Equipment for Transportation of Waste Swarf: master's thesis, Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2015, 65 s. Thesis head: Dr. Ing. Plchová, A.

This thesis describes the design of equipment for transporting chips from the working area. The objective of this work is a design own solution that will work with CNC lathe machine JohnFord 100CX ST. At first part is a research aimed to conveyors available on the market. The whole proposal is based of machined material. Next part is based on the design of individual parts of the conveyor. Main parts such as the shaft and hinge belt are subjected to calculations. The work include a 3D model of the final design and also drawings documentation of some technical parts and assembly drawing.

PODĚKOVÁNÍ

Za cenné rady, připomínky a ochotu děkuji především mé vedoucí práce Dr. Ing. Anně Plchové. Taktéž děkuji panu J. Workovi za poskytnuté zadání práce. Poděkování náleží také rodině, přátelům a přítelkyni za podporu a pomoc při realizaci práce.

Obsah

Úvod	1
1 Rešerše dopravníků	2
1.1 Základní rozdělení	2
1.1.1 Dopravníky s tažným elementem	2
1.1.2 Dopravníky bez tažného elementu	2
1.2 Rozdělení dle typu	3
1.2.1 Pásové	3
1.2.2 Válečkové	3
1.2.3 Šnekové	4
1.2.5 Hrablové	5
1.2.6 Článkové	6
1.3 Výrobci na českém trhu	7
1.3.1 Astos Machinery a. s.	7
1.3.2 Broxtec s.r.o.	8
1.4 Výrobci na zahraničním trhu	8
1.4.1 Mayfran international	8
1.4.2 LNS	9
1.4.3 KNOLL	9
2 Specifikace zadání	10
3 Třísky	11
3.1 Rozdělení třísek	11
3.2 Faktory ovlivňující utváření	12
3.3 Lamače třísek	13
3.4 Třísky	15
3.4.1 Obráběný materiál	15
3.4.2 Volba destičky	16
3.4.3 Výpočet objemu a hmotnosti třísek	16
4 Konstrukce dopravníku	18
4.1 Základní tvar celé konstrukce	18
4.1.1 Rám	18
4.2 Dopravní pás	19
4.2.1 Vlastní konstrukce pásu	22
4.2.2 Potřebná rychlost pásu	24

4.3 Řetězová kola	24
4.4 Napínání pásu	26
4.4.1 Napínací stanice	27
4.4.2 Vlastní řešení napínání	28
4.5 Tahová síla v pásu	29
4.5.1 Kontrola čepu řetězu	32
4.6 Pohon	33
4.6.1 Uchycení motoru k dopravníku	35
4.7 Hřídel	36
4.7.1 Výpočet hřídele	36
4.7.2 Spojení hřídel – náboj	39
4.7.3 Výpočet ložisek	40
4.8 Odtok kapaliny	41
4.9 Doplňkové prvky dopravníku	43
5 Závěr	45
Zdroje	49
Seznam obrázků	50
Seznam tabulek	52
Seznam příloh	53

P_v	výkon vřetena	[kW]
a_p	hloubka řezu	[mm]
f	posuv	[mm·ot ⁻¹]
v_c	řezná rychlost	[m·min ⁻¹]
x	součinitel materiálu	[-]
V_m	objem materiálu za čas	[cm ³ ·min ⁻¹]
W	koeficient volně ložených třísek	[-]
V_{vt}	objem volně ložených třísek za čas	[cm ³ ·min ⁻¹]
σ	hustota oceli	[kg·m ⁻³]
m_t	hmotnost třísek za čas	[kg·v ⁻¹]
t	rozteč dopravního pásu	[mm]
H	výška hrábľa	[mm]
C	šířka pásu	[mm]
P	tlak	[Mpa]
v_p	rychlost pohybu pásu	[m·min ⁻¹]
C	šířka pásu	[mm]
Z	počet zubů	[-]
d_p	průměr roztečné kružnice řetězového kola	[mm]
n_o	počet otáček ozubeného kola	[n·min ⁻¹]
m_{1v}	Hmotnost materiálu vodorovné části	[kg]
Q	přepravované množství	[t·h ⁻¹]
a	vodorovná délka dopravníku	[m]
L_v	celková délka pásu vodorovné části	[m]
q	váha článkového pásu	[kg·m ⁻¹]
m_v	hmotnost řetězu s články vodorovné části	[kg]
$m_{1š}$	hmotnost materiálu šikmé části	[kg]

L_{ξ}	celková délka pásu šikmé části	[m]
a_{ξ}	šikmá délka dopravníku	[m]
m_{ξ}	hmotnost řetězu s články na šikmé části	[kg]
f_r	koeficient odporu pohybu ocel na ocel	[–]
F_s	korekční součinitel podmínek provozu	[–]
F_v	součinitel rychlosti pásu	[–]
g	gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]
T_v	tahová síla vodorovná část	[N]
T_{ξ}	tahová síla šikmá část	[N]
T_{celk}	celková tahová síla	[N]
P_t	tlak v kloubu řetězu	[MPa]
P_d	maximální měrný tlak v čepu	[MPa]
P_p	požadovaný výkon	[kW]
η_p	účinnost převodovky	[%]
η_m	účinnost motoru	[%]
P_m	potřebný příkon motoru	[kW]
η_h	otáčky hřídele	[ot·min ⁻¹]
η_m	otáčky motoru	[ot·min ⁻¹]
i	převodový poměr	[–]
M_{k1}	kroutící moment na hřídeli	[N m]
M_{k0}	kroutící moment na ozubeném kole	[N m]
τ_D	dovolené napětí v krutu	[MPa]
d_{min}	minimální průměr hřídele	[mm]
F_A	síla podpora A	[N]
F_B	síla podpora B	[N]
$M_{o_{\text{max}}}$	maximální ohybový moment	[N m]

F_p	síla působící na bok pera	[N]
l'	minimální délka boku pera	[mm]
t_1	rozměr drážky náboje	[mm]
L_{10h}	trvanlivost ložiska	[hod]
C	dynamické zatížení ložiska	[kN]
P_L	zatížení ložisek	[N]

Úvod

Výsledkem třískového obrábění je nejen požadovaný obrobek, ale také kovový odpad – třísky neboli špony. Nynější doba nám poskytuje špičkové vysokovýkonné stroje, které vyprodukují za svůj někdy i téměř nepřetržitý provoz velké množství vedlejšího produktu. Tento problém se v minulosti řešil výhradně manuálním úklidem obsluhy stroje. U takto manuálního řešení této problematiky bylo nutné celý obráběcí proces přerušit, třísky odstranit a v procesu pokračovat. Nároky na rychlost, přesnost a celkové provedení jsou náročnější a tak v mnoha případech manuální sílu nahradilo zařízení, o kterém tato diplomová práce pojednává. V první kapitole, řešerši, jsou zmapovány druhy dopravníků a představitelé na trhu. Následně je rozpracován cíl celé práce, kterým je konstrukce a návrh vlastního řešení pro daný typ obráběcího stroje. Parametry navrhovaného zařízení se budou odvíjet od obráběcích parametrů jako je rychlost, tvorba špony, druh špony, druh obráběného materiálu atd. Rozměry určené k umístění dopravníku taktéž vymezují hranice v celém konstrukčním procesu. Výsledný návrh zařízení by měl pracovat s obráběcím CNC soustruhem JohnFord ST 100CX. Společnost a zároveň zadavatel práce - Wyfro, má do budoucna zájem rozšířit svojí výrobu a CNC soustruh zakoupit. Tato diplomová práce napomůže v budoucích řešeních výměny dopravníku. Výsledný návrh se však nebude realizovat ve výrobě.



Obr. č. 1 Stroje JohnFord řady ST [1]

1 Rešerše dopravníků

Dopravníky se využívají takřka ve všech průmyslových odvětvích. Pomocí těchto zařízení se přepravuje široké spektrum produktů od palety plné zboží v logistickém závodu, přes montážní linky či v právě zabývajících se oblasti odpadní třísky. Dopravníky, které pracují na obdobném principu, však nejsou vhodné pro stejné využití a pro stejné přepravované části. Následující rešerše přiblíží možnosti provedení a zhodnotí, zdali je daný typ vhodný právě pro dopravu třísek. Taktéž jsou v první kapitole představeni přední tuzemští a zahraniční výrobci.

1.1 Základní rozdělení

Základní rozdělení všech dopravníků může být vzhledem k principu, na jakém pracují, rozděleny na dopravníky s tažným elementem a bez elementu. [1]

1.1.1 Dopravníky s tažným elementem

U těchto dopravníků přepravovaný materiál nevykonává žádný relativní pohyb. Je unášen tažným prvkem například pásem, hrábem, články atd. Mezi takto pracující dopravníky patří:

- Článekové
- Pásové
- Korečkové
- Vozíkové
- Hrnoucí

1.1.2 Dopravníky bez tažného elementu

Zde naopak přepravovaný materiál u takto fungujících dopravníků vykonává relativní pohyb vůči dopravníku.

- Vibrační
- Šnekové
- Válečkové dráhy

1.2 Rozdělení dle typu

1.2.1 Pásové

Používané mezi jinými hlavně v důlním průmyslu, kde tento typ přepravuje vytěžené suroviny i na několika kilometrové vzdálenosti. Další využití jako například přeprava písku, šterku, drceného odpadu. Jednou z hlavních částí dopravníku je pás, který může být zhotoven z gumy, oceli, gumy-oceli nebo drátěného pletiva. Pás je poháněn bubny a je podpírán válečky či rovinnou plochou. Mohou být stabilní nebo pojízdné. Dopravovaný materiál může být dopraven s maximální vzdáleností až 5 000 m. Pás je schopný pracovat s rychlostí 10 metrů za sekundu. Pro přepravu třísek se však téměř nepoužívá. [2][3]



..

Obr. č. 2 Pásový dopravník [2]

1.2.2 Válečkové

Hlavní části jsou otáčející se válečky, jejichž osy jsou umístěny v rámu válečkové tratě. Přepravovaný materiál se pohybuje buď vlastní gravitační silou, nebo jsou válečky vybaveny motorem. Pohon může být individuální pro každý váleček zvlášť nebo skupinový. Uplatňují se převážně tam, kde je nutné manipulovat s většími kusovými předměty, jako například paletami či balíky. Může být také součástí výrobních linek ve slévárnách, hutích či se využívá při výrobě stavebních hmot. Celá trať může mít také oblouky v místech, kde je potřebná změna trasy. Celá konstrukce je vždy závislá na přepravovaném médiu, avšak k přepravě třísek je nepoužitelný. [4]



Obr. č. 3 Válečkový dopravník [3]

1.2.3 Šnekové

Šnekové dopravníky pracují za pomoci rotujícího šneku, který svými otáčejícími se lopatkami posouvá přepravované médium požadovaným směrem. Šnek je uložen na dvou ložiskách v ose rámu. Pro správnou funkci nesmí být žlab zcela naplněn materiálem, který vykonává pohyb složený z pohybu přímočarého a otáčivého kolem osy šneku. Takový pohyb lze využít k promíchání sypké směsi (míchací šneky). Jsou určeny především pro sypké, prašné nebo drobné materiály. Svou jednoduchou konstrukcí a taktéž nízkou cenou se řadí k nejlevnějším druhům dostupných dopravníků. Tento typ dopravníku se využívá i v dopravě třísek, avšak nese s sebou určitá omezení. Je určený k vodorovné i šikmé přepravě především drobných třísek. [5]



Obr. č. 4 Šnekový dopravník [4]

1.2.4 Magnetické

Tento druh dopravníku se v třískovém hospodářství již objevuje častěji než předešlé typy. Používají se výhradně pro krátké magnetické třísky, velmi malé kovové díly, například z výlisků nebo u ozubárenských strojů. Přesto dokáže pracovat s rychlostí přepravy až 240 kg/h. V aplikacích, u kterých by hrablový nebo článkový dopravník efektivně nepracoval, najde magnetický dopravník své umístění. Rozhodně nejsou vhodné pro větší typy třísek. Skládá se ze silných permanentních magnetů upevněných na speciálním řetězu uvnitř rámu. Mezi výhody patří možnost dopravy velmi jemných třísek, možnost dopravovat suché i mokré díly, vodotěsná konstrukce s velmi malými nároky na údržbu. [6]



Obr. č. 5 Magnetický dopravník [5]

1.2.5 Hrablové

Pracují na principu pohybujícího se hrablového řetězu s hrábly. Kovový odpad propadne přímo na dno ocelového rámu, který musí být konstruovaný z vysoce ořezuvzdorného materiálu. Poté je stírán hrábly přímo do sběrné nádoby, převážně do kontejneru. Používá se pro kovový odpad menší nebo střední velikosti, lámavé třísky a je výrobcí přímo doporučovaný pro přepravu špon z litiny, které bývají často ve formě prachu. Nedoporučuje se na dlouhé třísky, z důvodu velkého rizika namotávání se na hřídel. Taktéž se nehodí pro různé namotané části ve formě chuchvalců. Možno použít i na sypké materiály. Velmi často se objevuje v kombinaci s obráběcími centry, kde je předem známo, jaký materiál se bude obrábět. [2] [7]



Obr. č. 6 Hrablový dopravník [6]

1.2.6 Článekové

Velmi rozšířený třískový dopravník, který je vhodný pro širokou škálu vyprodukovaného kovového odpadu. Využitelný je i v jiném odvětví než strojírenství. Princip je založen na poháněném řetězu ozubenými koly. Řetěz je vybaven články, které společně tvoří článkový pás. Články se mohou použít děrované pro odvod chladicí řezné kapaliny. Ze všech dopravníků je toto řešení nejuniverzálnější, a proto je dodáván u většiny typů obráběcích center a jiných zařízení. [8]



Obr. č. 7 Článekový dopravník [7]

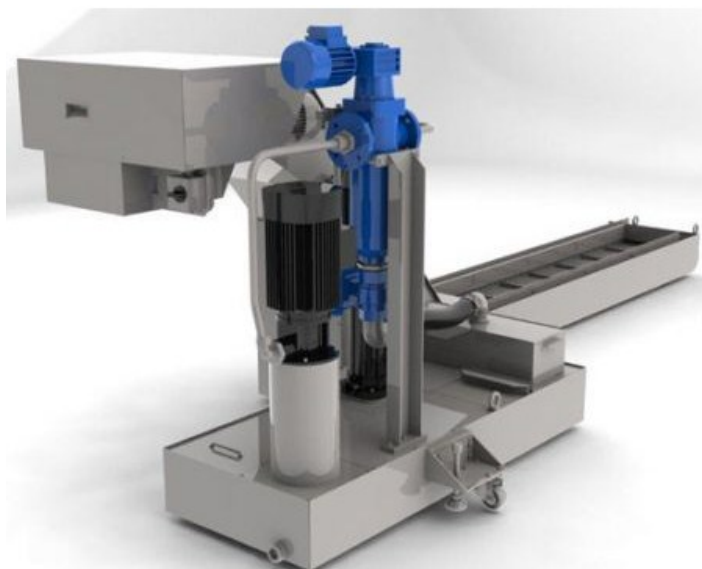
1.3 Výrobci na českém trhu

Na našem tuzemském trhu působí poměrně velké množství firem, které se touto problematikou zajímají. Následující podkapitola je věnována stručnému popisu největších leaderů na trhu. Vyrábí samotné dopravníky a také příslušenství k nim, jako jsou filtrační zařízení, kontejnery, stírací zařízení a jiné. Jelikož výběr dopravníku úzce souvisí s obráběcím zařízením, výroba většinou probíhá na zakázku přímo podle potřeb a specifikace zákazníka.

1.3.1 Astos Machinery a. s.



Akciová společnost Astos Machinery sídlí v Aši a svými spolehlivými a kvalitními dopravníkovými systémy, krytváním, manipulační technikou a zvedací technikou působí na mezinárodním trhu. Firma je nositelem několika patentů a chráněných řešení. Nabízí článkové, hrablové a magnetické dopravníky. Taktéž k nim poskytuje náhradní díly, dopravní pásy článkové, hrablové, články pásů, spojovací články, ozubená poháněcí kola, napínací stanice, pohony, čerpadla. Společnost je schopna vyrobit dopravníky článkové, hrablové, magnetické a kruhové ke karuselům. Na obrázku č. 8 je jeden z mnoha výrobků firmy a jedná se o článkový dopravník vybavený nádobou na kapalinu s filtrační jednotkou. [9]



Obr. č. 8 Výrobek firmy Astos Machinery [8]

1.3.2 Broxtec s.r.o



Česká, dynamicky se rozvíjející firma sídlí ve Zlíně a své dopravníky třísek a příslušenství spojené s nimi poskytuje od roku 2000. V dnešní době je již schopna nabídnout širší škálu technické výbavy například polohovací zařízení, navíjecí stroje, rámy strojů, manipulační techniku. Společnost je vyrábí dopravníky článkové, hrablové, magnetické obdobně jako předešlá Astos Machinery. [10]

1.4 Výrobci na zahraničním trhu

1.4.1 Mayfran international



Světová špička v poskytování řešení ohledně zpracovávání šrotu. Firma byla založena v roce 1933 se sídlem v USA. Pobočky má však po celém světě. Zprostředkovávají veškeré příslušenství pro manipulaci se šrotem a pro recyklaci. Politikou této firmy je podporovat udržitelné výrobní procesy, snižovat náklady a zároveň zlepšit ziskovost a zvýšit konkurenceschopnost. [11]



Obr. č. 9 Mayfran dopravník [9]

1.4.2 LNS



Firma se 41 letou zkušeností v dopravnících již za své působení nainstalovalo přes 100 000 kusů dopravníku do různých koutů světa. Vůdčí pozici na trhu dosáhla zaměřením se především na spokojenost zákazníka a na nové inovační řešení. Společnost má devět hlavních výrobních center v USA, UK, Itálii, Číně či v Japonsku. Hlavní sídlo má ve Švýcarsku. Své produkty prodává především prostřednictvím prodejních sítí od svých dceřiných společností. [12]



Obr. č. 10 Výrobek firmy LNS [10]

1.4.3 KNOLL

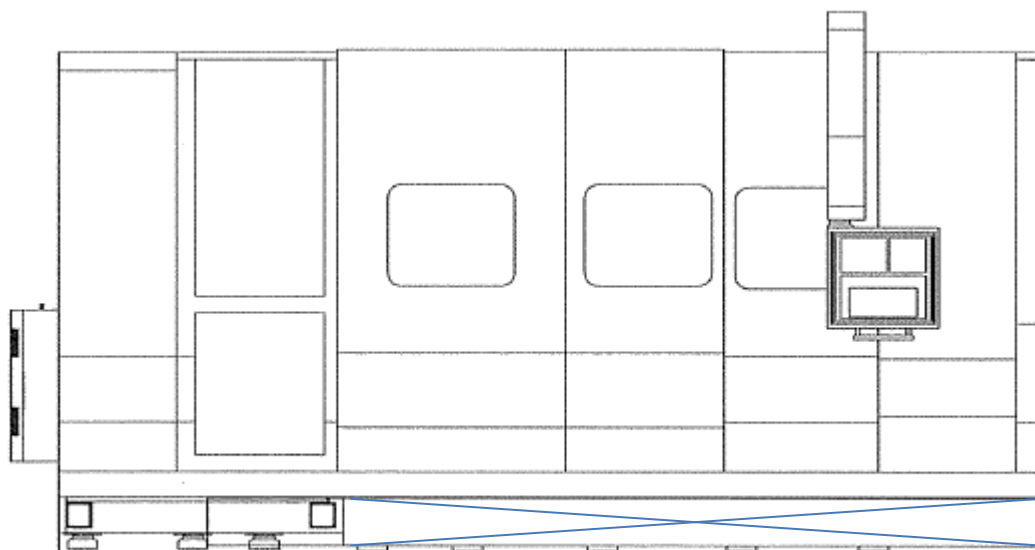


KNOLL Maschinenbau GmbH je velkým dodavatelem filtračních a přepravních systémů pro třísky a chladicí kapaliny. Svými výrobky se neprosazují pouze v kovozpracujícím průmyslu, ale také v potravinářském a v chemickém průmyslu. Řeší kompletní systém od samotného vzniku třísky po finální zpracování. Byla založena v roce 1970 a název Knoll je synonymem pro inovaci, pokrok a růst. [13]

2 Specifikace zadání

Cílem je navrhnout zařízení pro odvod třísek a vyřešit princip spolupráce s nádrží a záležitosti ohledně zužitkované kapaliny v pracovním prostoru obráběcího CNC soustruhu JohnFord ST 100CX. Z důvodu rychlého vstřikování chladicí kapaliny z trysek (40 l/min) by objem nádrže měl být větší nebo roven 420 l. Dopravník musí pracovat spolehlivě s dostatečnou rychlostí vzhledem k obráběnému materiálu. Je nutné dodržet zástavbové rozměry v pracovním prostoru stroje. Při konstrukci musí být kladen důraz na konečnou jednoduchost a spolehlivost. Taktéž na návrh vhodného krytování z důvodu bezpečnosti. Návrh musí být konstruovaný tak, aby bylo možné pás bez obtíží vyměnit nebo případně vyměnit články pásu. Celek bude určen k vynášení špon do kontejneru.

- Navrhnout jednoduchý a vhodný dopravník
- Obráběný materiál: ČSN 12 050
- Obráběcí proces: hrubování
- Zástavbové rozměry dle dokumentace č. TANS1673 (4030 x 760 x 450)
- Chladicí kapalina 40 l . min⁻¹ a objem nádrže minimálně 420 l
- Krytování
- Vynášení do kontejneru



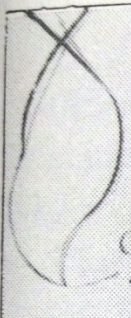



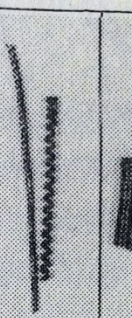



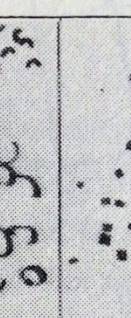

Obr. č. 11 Schéma JohnFord ST 100CX [11]

3 Třísky

Cílem této kapitoly, je z dostupných informací týkajících se třískového utváření a ostatních faktorů určit tvar třísky, a tím vybrat správný typ dopravníku. Z předešlé rešerše je známo, že ne všechny typy jsou vhodné pro všechny druhy třísek. Určený tvar a množství třísek bude potřebné znát i pro pozdější dimenzování rychlosti pásu a výběr vhodného motoru s převodovkou.

3.1 Rozdělení třísek

V souvislosti s novými technologiemi a zvyšováním řezných rychlostí při obrábění, velkou roli hraje problematika týkající se třísek. Dostatečně rychlý proces odvodu třísky z místa vzniku a taktéž z prostor, které zabírají. Protože ve většině případů oddělené třísky zaujímají velký prostor, po oddělení od samotného materiálu je mnohdy zapotřebí je upravovat, lámat nebo křivit. Lze je klasifikovat do základních skupin podle geometrického tvaru. [14]

									
PRIAMA	ZMOTANÁ	PLOCHÁ	ZBORTE- NÁ	DLHÁ VALCOVÁ	KRÁTKA VALCOVÁ	ŠPIRÁLO- VO-SKRUT	ŠPIRÁLO- VÁ	POLZÁVI- TOVÁ	ELEMEN- TÁRNA
		S K R U T K O V I C A				KOVICOVÁ			
NEVYHOVUJÚCA				VÝHODNÁ					
				VYHOVOVUJÚCA					

Obr. č. 12 Klasifikace třísek dle ISO [12]

Rozdělení je posuzováno z hlediska lehkosti transportu od místa řezání. Dlouhé třísky by se nežádaně namotávaly na obrobek, což by mohlo poškodit nástroje a taktéž zranit obsluhu stroje.

Příliš krátké třísky mají tendenci se dostat do mezer stroje, např. mezi support a lože. Tím se poškodí celé vedení a naruší se přesnost obrábění. Taktéž poškozuje nástroj tvorbou mikrotrhlin na řezné hraně. Na obr. č. 12 jsou znázorněny nejvhodnější tvary. Geometrickým tvarem výhodné jsou špony krátké válcové nebo spirálové. Správné utváření nepoškozuje obrobek ani nástroj a předchází prostojům ve výrobě. [15] [14]

3.2 Faktory ovlivňující utváření

Mezi hlavní faktory ovlivňující tvar třísek patří:

- Vlastnosti obráběného materiálu (tvrdost, pevnost v tahu, houževnatost)
- Geometrie nástroje (úhel čela, úhel řezné hrany, radius špičky, geometrie utvařeče)
- Řezné podmínky (posuv, hloubka řezu, tloušťka třísky, řezná rychlost)
- Způsob chlazení (obrábění za sucha, chladicí emulze)

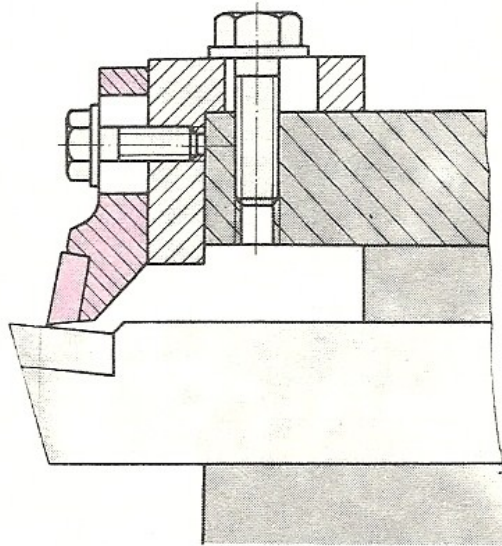
Některé faktory utváření jsou dané. Některými můžeme proces ovlivnit a zajistit žádoucí „výhodné“ tvary. Prvním ovlivňujícím faktem jsou vlastnosti obráběných materiálů, zejména tvrdost a pevnost v tahu. Zde platí pravidlo, že materiály s vyšší pevností budou automaticky vytvářet třísky krátké. Větší tažnost znamená utváření dlouhých špon. Jako názorný příklad může posloužit rozdíl mezi ocelí a nerezovou ocelí. Tažnost u nerezové oceli je větší než u běžné oceli, tím pádem nerezová ocel bude produkovat třísky významně delší.

Řezný nástroj je taktéž velmi ovlivňujícím prvkem v této oblasti. Žádoucí fakt, že větší úhel čela nástroje změní řeznou sílu, vyvodí nežádoucí tendenci utvářet dlouhé třísky. Tento nežádoucí fakt je možné odstranit vhodně vybranými řeznými podmínkami v závislosti na geometrii utvařeče třísek. Vhodná geometrie utvařeče taktéž zaručuje dlouhou životnost nástroje, nízké řezné síly a především žádané utváření třísek. Materiály jako neželezné kovy jsou typické pro své extrémně dlouhé třísky. Oceli svými vlastnostmi budou taktéž vytvářet dlouhé třísky, avšak zdaleka ne tak dlouhé jako neželezné kovy. Litiny a kalené materiály při obrábění vytvářejí špony krátké.

Vliv chlazení na geometrický tvar utváření je zanedbatelný. Nicméně je velmi důležitý pro dosažení maximálně možných řezných podmínek. [15] [14]

3.3 Lamače třísek

Pro zaručené utváření se při obrábění využívají takzvané utvářeče nebo lamače třísek. Můžou být vybroušené přímo na čele řezného nástroje nebo lze použít taktéž stavitelný (přídavný lamač). Na obrázku č. 13 je schéma přídavného lamače a na obr č. 14 je utvařeč na destičce z řezné keramiky. [16]

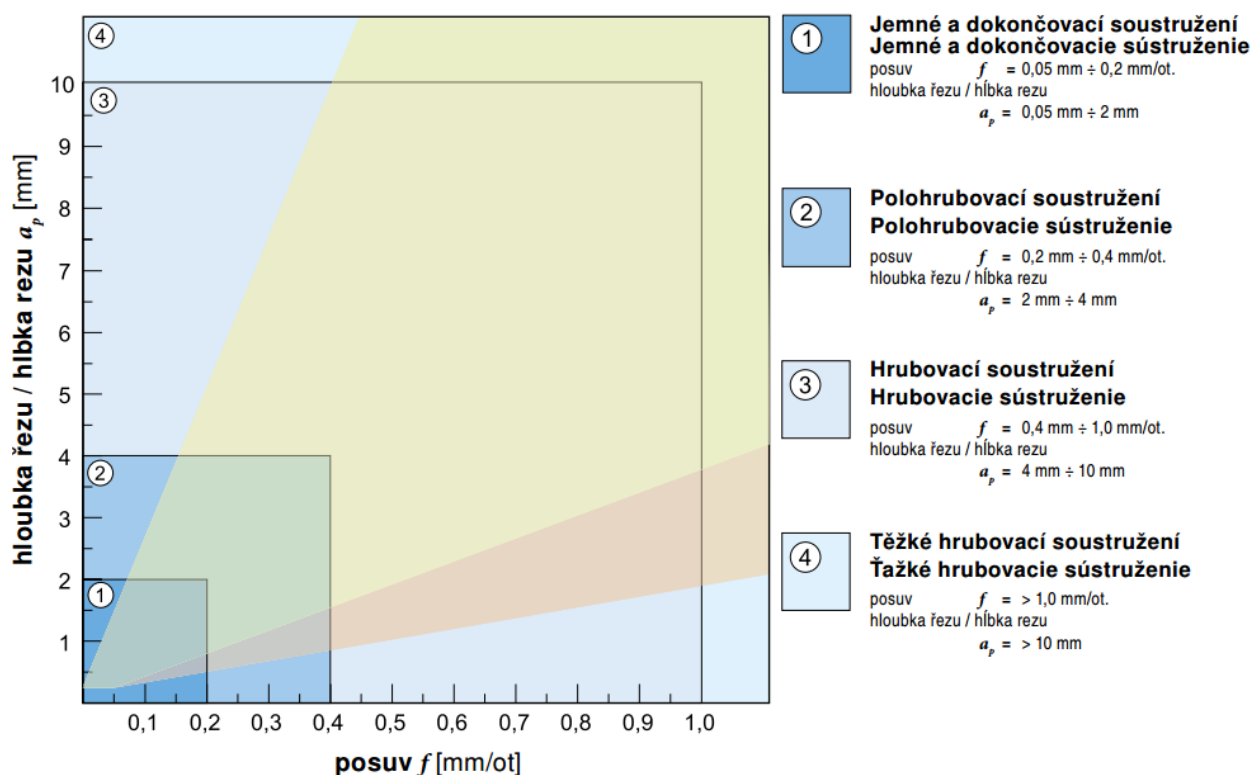


Obr. č. 13 Přídavný lamač třísek [13]



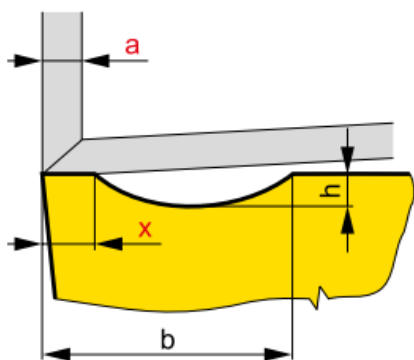
Obr. č. 14 Lamač třísky na destičkách [13]

Určité typy utvařečů vybroušených přímo na vyměnitelných destičkách nesou jisté omezení ohledně nastavení řezných podmínek. Aby fungovaly správně, musí pracovat v určitém rozmezí hloubky řezu A_p a posuvu f . Teoreticky by poměr mezi těmito podmínkami měl být cca 1:10. (A_p by mělo být 10x větší než f). [17]

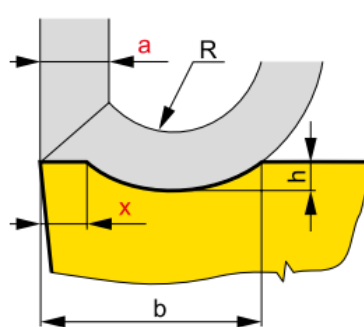


Obr. č. 15 Poměr mezi hloubkou řezu a posuvem [14]

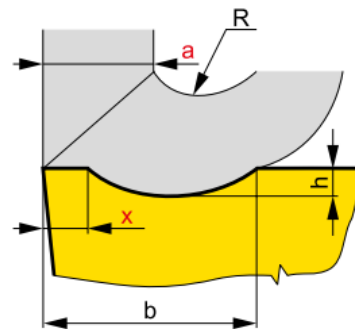
Pokud by byl použit posuv f (čili tloušťka odebírané vrstvy a) menší, než je doporučeno výrobcem, docházelo by ke kontaktu třísky pouze na fazetce (rozměr x). Tříska by se nedostala s utvařečem do kontaktu a nebyla by nijak utvářena. Pokud jsou dodrženy podmínky, vrstva vniká do utvařeče a je utvářena pod poloměrem R . V opačném případě, kdyby byl posuv větší než doporučovaný, docházelo by k drcení a vrstva by mījela žlábek utvařeče ($b \times h$). [17]



Obr. č. 16 Nefungující utvařeč [14]



Obr. č. 17 Vhodně zvolené řezné podmínky [14]



Obr. č. 18 Nadměrné řezné podmínky [14]

3.4 Třísky

Výpočty předpokládají, že během obrábění budou dodrženy doporučené řezné podmínky pro správnou funkčnost utvařeče. Lze tedy určit, že tvary třísek dle obr. č. 12 budou spirálové, až krátké válcové. [18]

3.4.1 Obráběný materiál

Jedna z nejdůležitějších věcí je správně identifikovat obráběný materiál. Z této informace lze určit vhodnou břitovou destičku. Výběr destičky taktéž úzce souvisí s typem obráběcí operace. U soustružnického CNC stroje JohnFord ST100CX předpokládáme hrubé obrábění odlitků z nízkolegovaných ocelí s pevností do 900 MPa, tedy skupina P2. Materiály jsou rozděleny do šesti základních skupin a každá skupina do čtyř podskupin. V podskupinách jsou materiály, které vyvolávají zhruba stejné typy zatížení na břity destiček. [17]

P  Ocel	M  Korozivzdorná ocel	K  Litina
N  Hliník	S  Žárovzdorné slitiny	H  Tvrzená ocel

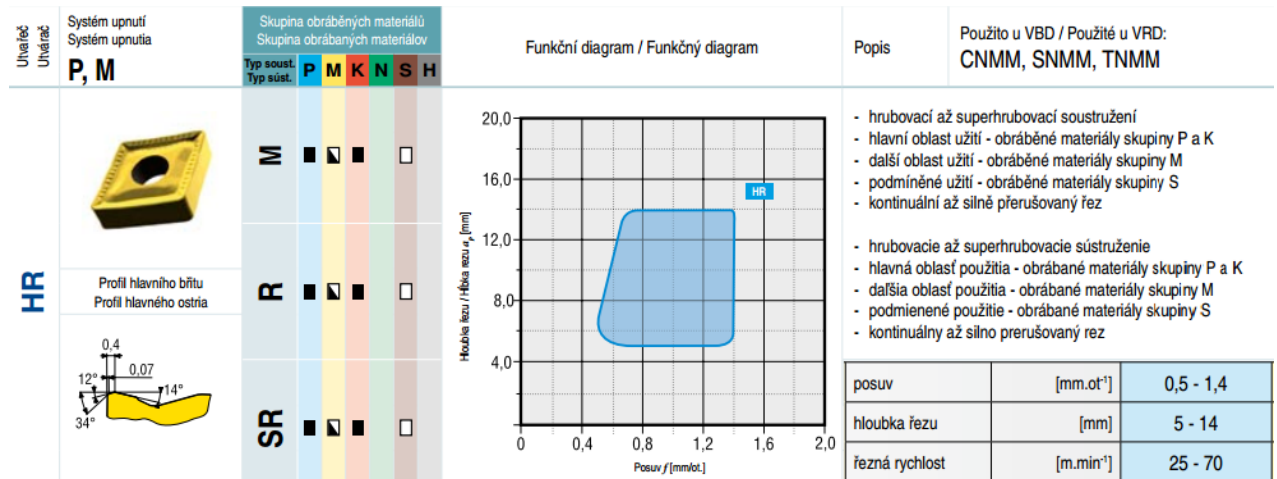
Obr. č. 19 Šest základních skupin [14]

Skupina	Podskupina	Definice podskupiny	Příklad Příklad
P	P1	Oceli a ocelolitiny s velmi dobrou (zlepšenou) obrobitelností, automatové a nízkouhlíkové oceli	ČSN 11 109
	P2	Nelegované a nízkolegované ocelolitiny a oceli se středním obsahem uhlíku ($0,25 < C < 0,55$) s pevností do 900MPa a tvrdostí v rozsahu 160-255HB	ČSN 12 050
	P3	Hůře obrobitelné nelegované a nízkolegované ocelolitiny a oceli se středním obsahem uhlíku s pevností do 1000 MPa a tvrdostí do 300HB	ČSN 15 340
	P4	Středně až vysoce legované ocelolitiny a oceli (většinou s obsahem uhlíku $0,55 < C$), pevnost do 1270 MPa a tvrdost do 375HB resp. 40HRC)	ČSN 19 436

Obr. č. 20 Čtyři podskupiny oceli [14]

3.4.2 Volba destičky

Z katalogu firmy Pramet Tools, s. r. o. je dle typu materiálu P 2 přiřazena vhodná destička HR pro hrubovací operace. Objem třísek souvisí s typem destičky. Při výpočtech bude počítáno s maximálními řeznými podmínkami, které je destička i obráběcí stroj schopen zvládnout. A to z důvodu, aby výsledný výpočet objemu byl co největší možný.



Obr. č. 21 Podmínky a využití destičky [14]

3.4.3 Výpočet objemu a hmotnosti třísek

Výsledný objem volně ložených třísek nelze s jasnou přesností určit a tak při výpočtech jsou zanedbané výpočty přechování třísky. Nejdříve je nutné ze vztahu pro přibližný výkon zjistit, jestli výkon stroje postačí na maximální řezné podmínky destičky. Výkon vřetena 45 kW byl odečten ze štítku. Do prvního vztahu jsou započítány maximální řezné podmínky, které destička zvládne.

$$P_v = \frac{a_p \cdot f \cdot v_c}{x} = \frac{14 \cdot 1,4 \cdot 70}{20} = 68,6 > 45 [kW] \quad (3.4.3.1)$$

Při použití maximálních řezných podmínek je potřebný příkon 68,6 kW, avšak výkon stroje je 45 kW. Je nutné tedy zmenšit řezné podmínky na největší možné a je třeba zachovat poměr A_p k f 10:1.


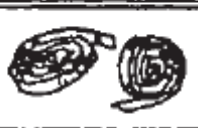




$$P_v = \frac{a_p \cdot f \cdot v_c}{x} = \frac{12 \cdot 1,2 \cdot 60}{20} = 43,2 < 45 [kW] \quad (3.4.3.2)$$

Koeficient x je součinitel materiálu pro ocel. Další výpočtové veličiny viz obr. č 21. [17]

Odebraný objem materiálu za jednotku času.

$$V_m = a_p \cdot f \cdot v_c = 12 \cdot 1,2 \cdot 60 = 864 \text{ [cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}\text{]} \quad (3.4.3.3)$$

Hodnotu odebraného materiálu ze vztahu (3.4.3.3) je nutné vynásobit koeficientem volně ložených třísek W [-]. [19]

Tvary třísek		W	Tvary třísek		W
	STUŽKOVÉ DLOUHÉ	400 a více		SPIRÁLOVÉ PLOCHÉ	10 až 20
	STUŽKOVÉ SMOTANÉ	300 až 400		OBLOUKOVITÉ SPOJENÉ	8 až 10
	VINUTÉ DLOUHÉ	80 až 150		ELEMENTÁRNÍ	4 až 6
	VINUTÉ KRÁTKÉ	40 až 60			

Obr. č. 22 Koeficient objemového součinitele třísek [15]

Pro výpočet největšího možného objemu volně ložených třísek při soustružení největšími možnými reznými podmínkami volím $W = 60$. Tento koeficient je příslušný k vinutým krátkým třískám, které z obráběcího materiálu a použitím utvařeče lze předpokládat.

$$V_{vt} = V_m \cdot W = 864 \cdot 60 = 51840 \text{ [cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}\text{]} \quad (3.4.3.3)$$

Při výpočtu hmotnosti špon je třeba vynásobit čistý objem s hustotou oceli. Hodnota hustoty oceli je $\rho = 7850 \text{ [kg} \cdot \text{m}^{-3}\text{]}$

$$m_t = \rho \cdot V = 7850 \cdot 0,000864 = 6,7824 \text{ [kg} \cdot \text{min}^{-1}\text{]} = 406,9 \text{ [kg} \cdot \text{h}^{-1}\text{]} \quad (3.4.3.4)$$

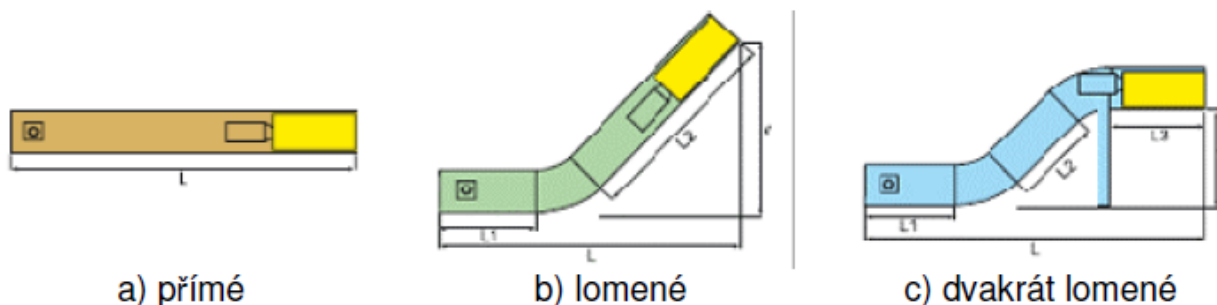
Na základě informací z této kapitoly týkající se tvaru, objemu a hmotnosti třísek **volím nejvhodnější typ dopravníku a tím je dopravník článkový**. Je univerzální, vhodný pro výsledné třísky a poradí si s širokým spektrem využití.

4 Konstrukce dopravníku

Následující kapitola bude zaměřena na jednotlivé komponenty, funkční uzly a možnosti konstrukce článkového dopravníku, který byl v předešlé kapitole vybrán jako nejvhodnější typ. Jednotlivé části dopravníku budou vyhodnoceny a taktéž bude zvolen postup vlastního řešení s ohledem na získané informace.

4.1 Základní tvar celé konstrukce

Dopravník musí být v drtivé většině případů konstruován tak, aby vynesl odvedené třísky nad úroveň sběrného kontejneru nebo nad úroveň dalšího zařízení pro další zpracování (kombinace dopravníků). Úhel vynášení se většinou volí kolem $45^\circ - 60^\circ$. Z tohoto důvodu může být konstrukce lomená nebo dvakrát lomená. Základem je však provedení přímé, použitelné tam, kde vynášení není nezbytné. Rozměry L-šířka dopravníku a výška I vynášení nejsou nijak předepsané a vždy záleží na požadavcích zákazníka. [20]



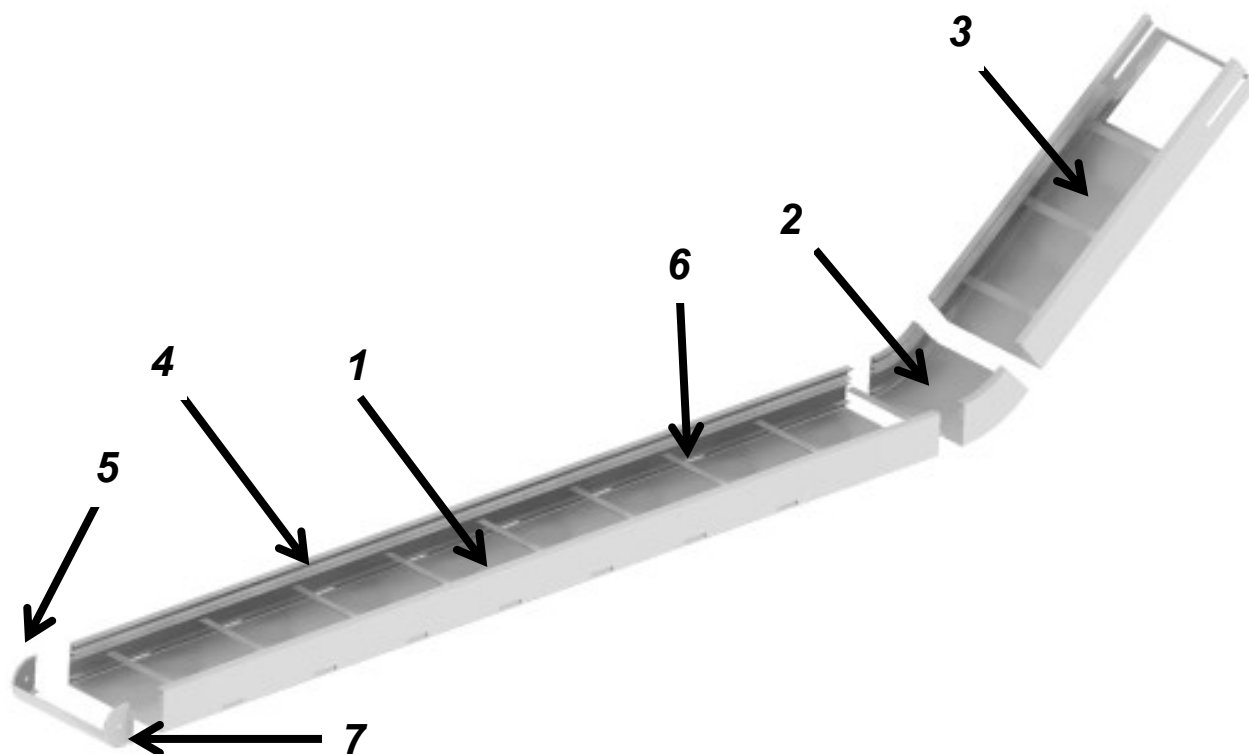
Obr. č. 23 Druhy konstrukce [16]

Jelikož součástí návrhu má být i sběrná nádoba, varianta b) a c) přichází v úvahu. Tyto dvě varianty plní tentýž účel a proto volím variantu b), která bude na konstrukci poměrně jednodušší se stejným výsledkem. Pro docílení lepšího spádu a navedení špon od konce dopravníku přímo do kontejneru, bude použit odváděcí kryt. Bude nutné zvážit vyztužení šikmé vynášecí části.

4.1.1 Rám

Celý rám je svařovaná konstrukce, tvořená ze základní vodorovné části, mezičlánku a šikmé části. Z ohýbaného plechu tloušťky 5 mm. V rámu jsou přivařeny tři normalizované L profily ISO 657 na obou stranách. Ty slouží jako podpěry a vedení pásu. Na začátku vodorovné části je půlkruhová část plechu, ve které je uložena hřídel. Na ní jsou přivařeny úchytky pro ložiska. Na konci celého dopravníku je plech, který spojuje rám a slouží k uchycení krytu. Po celé délce

rámu je několik příček, které celý rám zpevňují. Materiál celku je nerezová ocel z důvodu vlivu chladicí kapaliny na rám. Na vynášecím konci je svarem připevněn napínací rám pro usazení napínacích ložisek. Jednou z posledních úprav jsou otvory u dna, kterými protéká kapalina zpět do nádrže.



Obr. č. 24 Svařovaný rám [17]

1. Vodorovná část, 2. Zakřivení, 3. Vynášecí část, 4. Vodící lišty, 5. Prodloužení, 6. Příčky
7. Uchycení ložiska

4.2 Dopravní pás

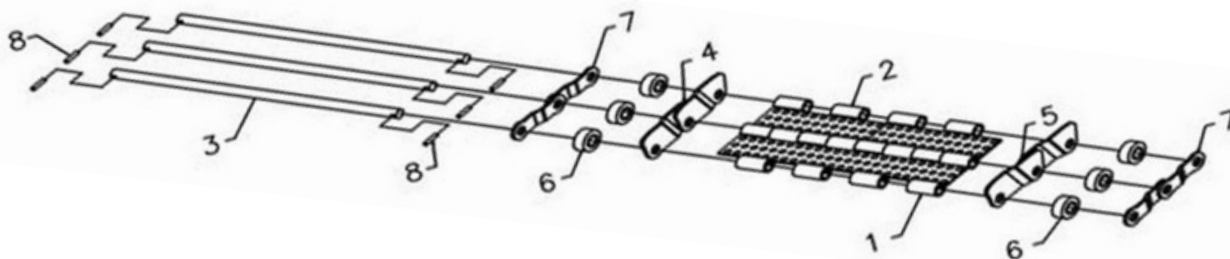
Dopravní pás je složen z hlavních částí tažného řetězu, článků a spojovacích čepů. Přepravované médium udává tvar článků, jejich materiál a rozměry. Pro dopravu větších kusů jsou používány pásy s plochými články. Při dopravě menších či sypkých částic (třísky), se používají články s bočnicemi. Zabraňují nežádoucímu přepadávání v pásu. Šířka pásu se určí z maximálního přepravovaného množství a potřebných zástavbových rozměrů. [2] Desky jsou na pásích spojeny tak, aby se navzájem překrývaly a vytvořily souvislý pás. Pás je také možné vybavit kartáčem či stěrkami odstraňující případné přichycené částičky na pásu. [6]

Ocelové desky pásu mohou být [6]

- Plné s výstupky
- Děrované
- S unášecími hrábly
- Kombinované

Výstupky zabraňují třískám přilepit se k pásu. Plné provedení zabraňuje v přepadávání drobných třískových úlomků, ale zároveň zabraňuje v odtékání chladicí kapaliny. Situaci ohledně odtoku kapaliny se při výběru pásu a navrhování musí zvážit. Děrované články řeší odtok chladicí kapaliny, ale odtok odnáší s sebou také částčky, které protečou na dno dopravníku. Při volbě lomeného typu, je nutné zvolit pásy s hrábly pro překonání vynášecích výšek. Bývají systematicky navařené na články. [6]. Jelikož dopravník bude lomený a pracovat bude v režimu s chladicí kapalinou, **volím pás kombinovaný**.

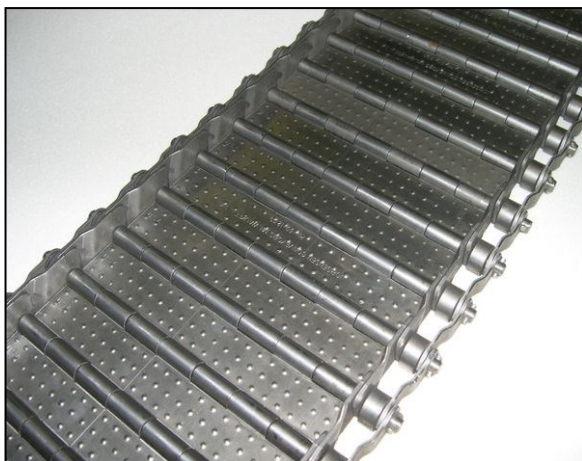
Pás není nutné navrhovat od samotného počátku. Základní rozměry řetězu jsou normalizované a lze jej zakoupit hotové od výrobců. Taktéž firmy zabývající se výrobou dopravníků poskytují servis v podobě náhradních dílů. V případě potřeby je tedy možné vyměnit pouze i jeden článek. Pásky jsou dostupné od firem jako např. Broxtec nebo Hennlich. Řešení konstrukce pásu od firmy Broxtec je znázorněno na obrázku č. 25.



Obr. č. 25 Provedení pásu firmy Broxtec [7]

- 1) Deska pásu s výstupky 2) Deska pásu děrovaná 3) Čep pásu 4) Boční křídlo L 5) Boční vedení 6) Válečky řetězu 7) Boční článek 8) Zajištění

V tomto případě jsou bočnice (4.) řešeny přímo jako součást řetězu. Mnohdy se lze setkat s řešením bočnic přivařených přímo na článcích (2.). Tato varianta je vhodnější pro mé další navrhování. Pro pozdější konstrukci a výpočty budu vybírat normalizované válečkové jednořadé řetězy ČSN 023311, DIN 8187.



Obr. č. 26 Článekový pás s výstupky [18]



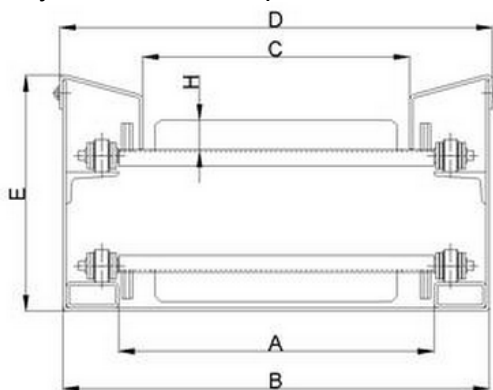
Obr. č. 27 Článekový pás s hrábly [19]

I výrobce pásu Hennlich doporučuje použít pás s děrovanými články v případě, že bude použita chladicí kapalina s průtokem větším nebo rovným 40 l/min. Při výběru hraje roli rozměr jako je rozteč pásu t . Rozteč je závislá na pracovním vytížení.

Rozdělení a dostupnost je následující: [20]

- $t = 31,75 \text{ mm}$ - pro malé množství třísek o středních velikostech. Max: 20 kN/m pásu.
- $t = 50 \text{ mm}$ – nejčastější, vhodné pro střední i velké třísky. Max. únosnost: 35 kN/m.
- $t = 63,5 \text{ mm}$ – pro náročné prostředí s velkým množstvím třísek. Max: 40 kN/m pásu
- $t = 75 \text{ mm}$ – robustní rozměry pro velmi náročné prostředí. Max. únosnost: 60 kN/m pásu

Z kapitoly č. 3 je předpokládané zatížení 406 kg/h. Lze předem říct, že únosnost 20 kN/m cca 200 kg/m je u rozteče $t=31,75$ více než dostačující. **Volím pás s roztečí článků $t = 31,75 \text{ mm}$.** Je vhodný pro potenciální navrhovaný provoz. Tloušťku pásu a výšku hrábli zvolím stejnou jako výrobce. Tloušťka pásu 2 mm a hrábli 25 mm.

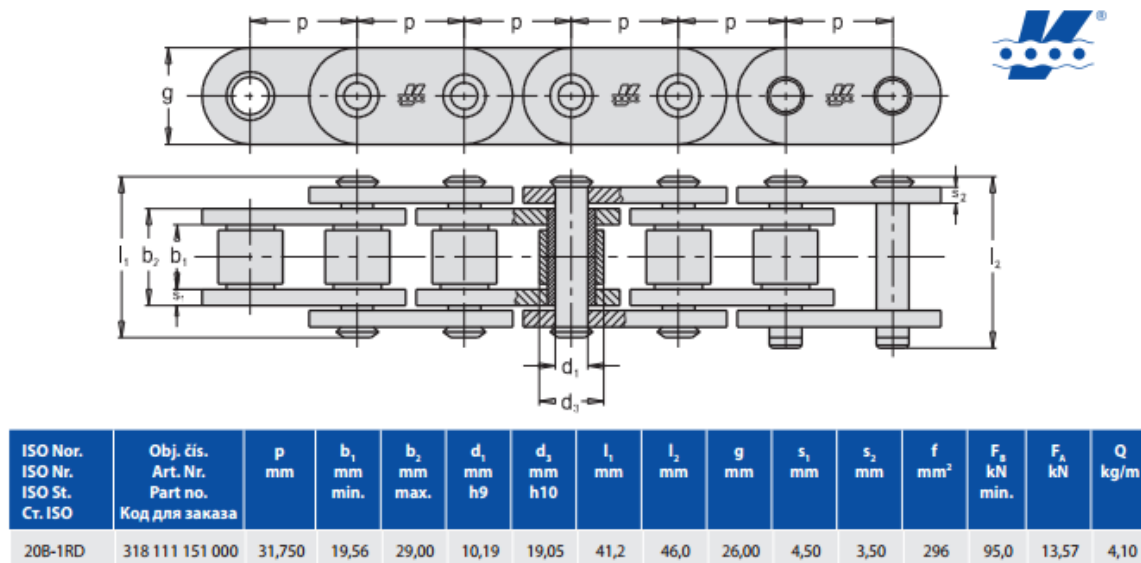


Poz.	Rozteč 31,75 mm [mm]	Koeficient nárůstu rozměru [mm]*
A	150	50
B	216	50
C	120	50
D	222	50
E	min. 125	10
H	25	---

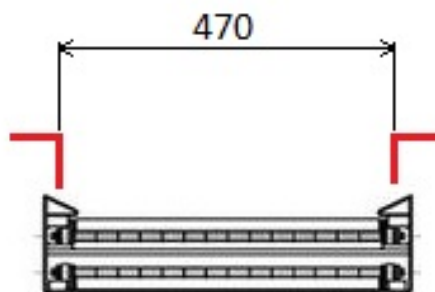
Obr. č. 28 Rozměry provedení firmy Hennlich [20]

4.2.1 Vlastní konstrukce pásu

Pro požadované provozní podmínky byl zvolen pás s dostačující roztečí 31,75 mm. Z katalogu firmy řetězy Vamberk jsem vybral dopravníkový řetěz ISO 20B-1RD. Po pozdějším výpočtu tažných sil bude za pomoci výpočtu měrného tlaku na váleček a čep řetězu ověřeno, že vybraný řetěz vydrží provoz. Řetězové kladky budou nahrazeny kladkami spojovacími, které spojí řetěz a články v jeden celek. Pro rozebíratelné řešení bývá zajištění docíleno buď za pomoci závlačky nebo pojistného kroužku. Délka celé konstrukce pásu bude závislá na požadovaných zástavbových rozměrech 470 mm max. Tento rozměr bude mít významné vlivy při výpočtu požadované rychlosti, návrhu velikosti a umístění vedení pásu a na celkové rozměry celého dopravníku.

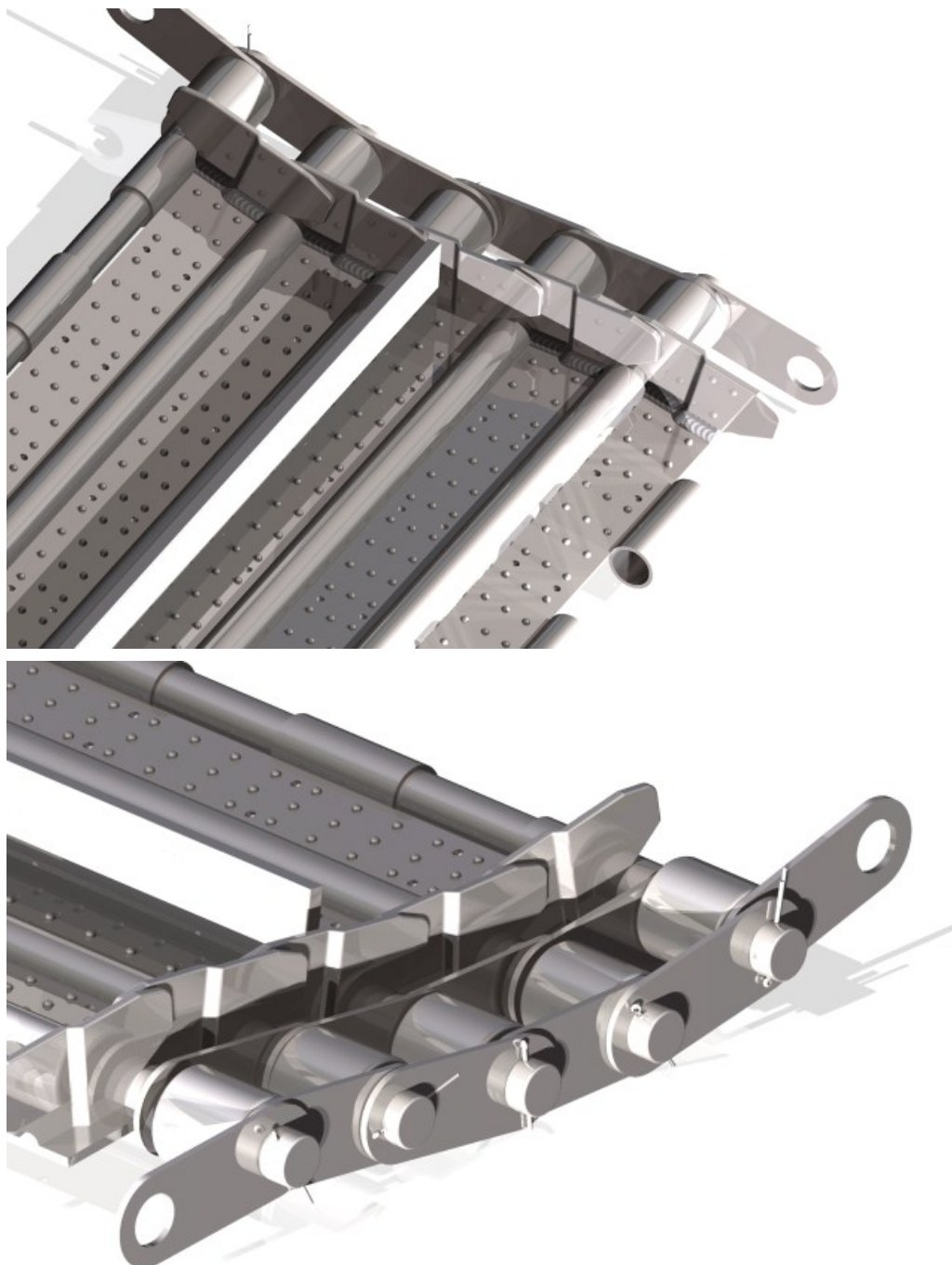


Obr. č. 29 Vybraný řetěz firmy řetězy Vamberk [21]



Obr. č. 30 Zástavbový rozměr závislý na šířce pásu [22]

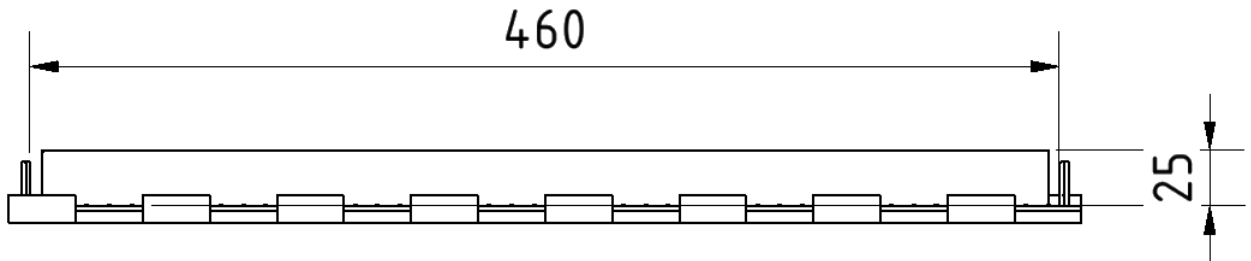
V programu Autodesk Inventor 2013 jsem na základě zvolených řetězů a komponentů vymodeloval jednotlivé části pásu a následně je spojil v jeden celek. Na obrázku č. 10 lze vidět detail svarového uchycení bočnic na článek a zajištění čepů pomocí závlaček, které jsou zobrazeny na obrázku ještě před montáží.



Obr. č. 31 Vizualizace navrhnutého pásu [23]

4.2.2 Potřebná rychlost pásu

V praxi bývá rychlost v rozmezích od 1 m/min do 10 m/min [9]. Výpočet bude vycházet z teoretického průřezu funkčního pohybového prostoru pásu a z objemu třísek za jednotku času. Výšku průřezu lze uvažovat jako výšku hrábľa $H=25$ mm.



Obr. č. 32 Rozměry funkční části pásu [23]

$$v_p = \frac{V_{vt}}{C \cdot H} = \frac{0,051844}{0,025 \cdot 0,460} = 4,5 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4.2.2.1)$$

Výsledek rychlosti pohybu pásu 4,5 m/min bude s dostatečnou rezervou vyhovovat pro navrhované operace na stroji.

4.3 Řetězová kola

S rostoucí roztečí článků řetězů roste i průměr řetězového kola. Počet zubů "z" se volí v rozmezí od 6 do 8 přičemž platí, že s rostoucím počtem zubů roste roztečná kružnice ozubeného kola [5]. Volím počet zubů $z=8$.

Vztah pro výpočet průměru roztečné kružnice ozubeného kola je [22]:

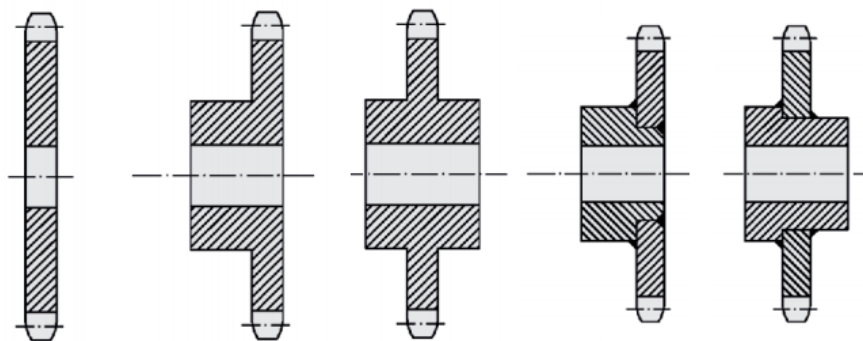
$$d_p = \frac{t}{\sin \frac{180}{z}} = \frac{31,75}{\sin \frac{180}{8}} = 82,96 \text{ mm} \quad (4.3.1)$$

Počet otáček ozubeného kola se určí ze vztahu [22]:

$$n_o = \frac{v_p \cdot 1000}{t \cdot z} = \frac{4,5 \cdot 1000}{31,75 \cdot 8} = 17,7 \text{ [n} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4.3.1)$$

t = rozteč článků řetězu, z = počet zubů, V_p = rychlost pásu

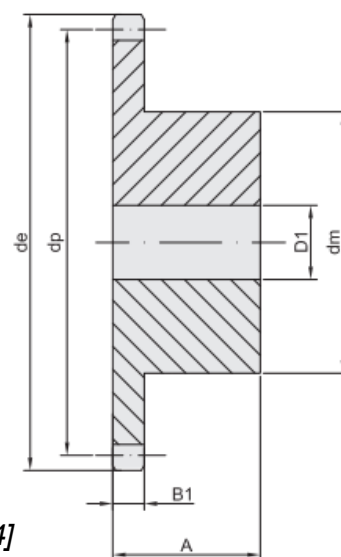
Spojení náboje s hřídelí může být docíleno buď pomocí svarů nebo také pomocí těsných per. Dle ČSN 01 4811 jsou ozubená kola pro válečkové a pouzdrové řetězy normalizována. Lze je zakoupit u firem jako jsou řetězy Vamberk, Haberkorn nebo řetězy Olomouc. Nabízejí různorodá hotová provedení, která lze na zakázku libovolně upravovat dle požadavků. Astos Machinery také nabízí tento sortiment jako náhradní díly. Není tedy nutné přesné rozměry počítat a navrhovat celé vlastní ozubené kolo. K dispozici jsou buď řetězová kola s nábojem nebo řetězové disky. Disky by byly vhodné spíše v provedení pomocí svarů. Z důvodu lepší montáže a údržby, nevolím spojení pomocí svarů, nýbrž pomocí per a pojistných závrtných šroubů. Pro tuto aplikaci je vhodné provedení kola s nábojem od firmy **řetězy Vamberk typ B**.



Typ • Type
B

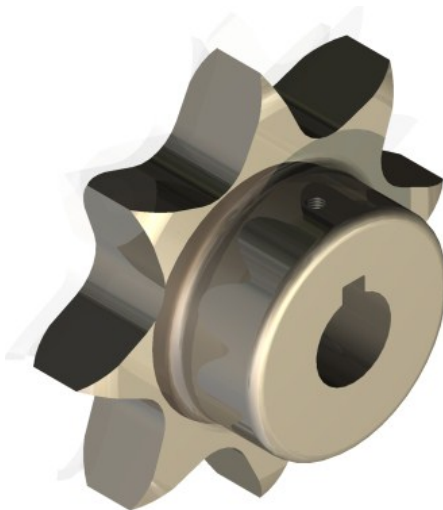
Počet zubů Teeth number Z	d_e [mm]	d_p [mm]	d_m [mm]	D_1 [mm]	A [mm]	Hmotnost Weight [kg]
8	98,1	82,96	53	20	40	1,73

Řetězové kolo • Sprocket		
Poloměr zaoblení zubu • Tooth radius	r_3	32 mm
Šířka zaoblení • Radius width	C	3,5 mm
Šířka zubu • Sprocket tooth width	B_1	18,5 mm
Šířka zubu • Sprocket tooth width	b_1	18,2 mm
Šířka zubů • Sprocket tooth width	B_2	54,6 mm
Šířka zubů • Sprocket tooth width	B_3	91 mm
Material • Raw material ocel • steel C40/C45 nerez / stainless C40/C45 kalena / hardened St52-3		



Obr. č. 33 Parametry ozubeného řetězového kola [24]

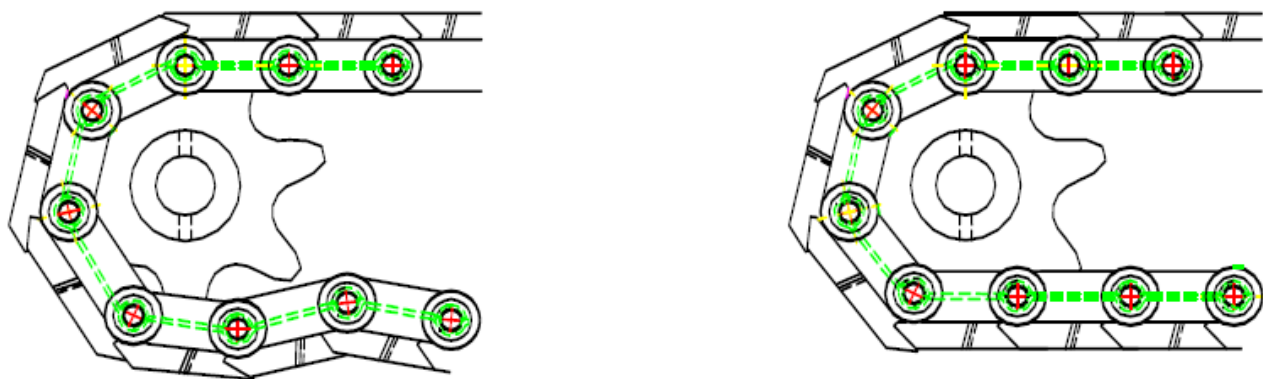
Pár ozubených kol bude použit jak na vynášecí, tak na vodorovné části dopravníku. Na obr. č 20 je upravený 3D v programu Inventor. Z důvodu požadavků na demontáž volím spojení pomocí per a tak bylo nutné vytvořit drážku pro pero. Proti osovému posunutí se utáhne pojistný červík.



Obr. č. 34 Vizualizace ozubeného kola [23]

4.4 Napínání pásu

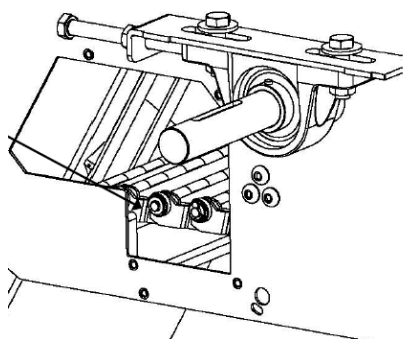
Pro správnou funkci a chod pásu je nutné vyřešit napínání pásu a zařízení s tím související. Pás by neměl být příliš podvěšen, aby řetěz nevyskakoval z poháněcího kola. U montáže a údržby je nutné dbát na rovnoměrné natahování obou řetězů najednou. Na obrázku vlevo je ukázka nevhodně a nedostatečně dotaženého pásu. Druhý obrázek je opakem. [23]



Obr. č. 35 Napínání řetězu [25]

4.4.1 Napínací stanice

Umístění napínací stanice může být jak na vynášecím konci (poháněcí) hřídel tak na druhé, nepoháněné. Většinou však pomocí napínacích šroubů. Výrobce dopravníků LNS doporučuje utahovat šrouby na moment. Při pásech delších než 5 700 mm je doporučený moment utažení -2,8 Nm. Při pásech delších než 9 metrů - 5.1 Nm. [23] Dle získaných informací firmy řetězy Vamberk napínací síla nebude mít výrazně velký vliv na pozdější výpočet tažné síly v řetězu a proto jí lze zanedbat.

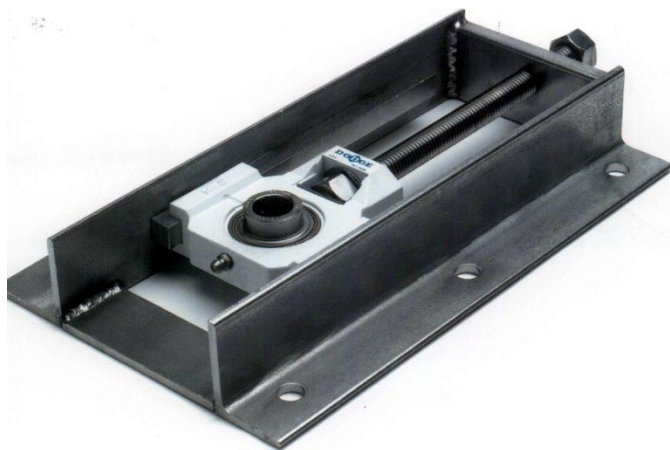


Torque Guide

- | | |
|-----------------------------------|--------|
| • Overall Length to 5700 mm | 2.8 Nm |
| • Overall Length 5700 to 9500 mm | 4.0 Nm |
| • Overall Length 9500 mm and over | 5.1 Nm |

Obr. č. 36 Napínací hodnoty z manuálu firmy LNS [25]

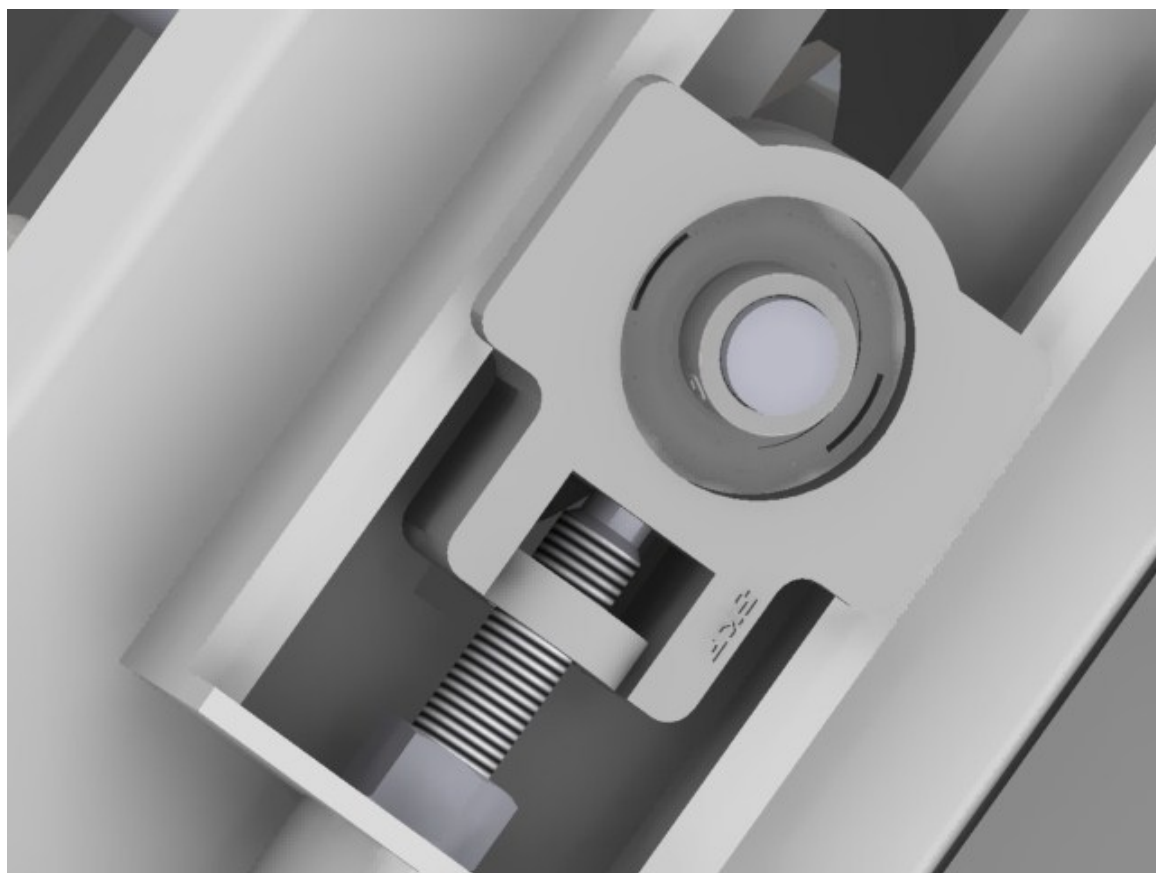
Napínací stanice je mnohdy vyřešena napínáním samotných ložisek přírubového, nebo stojatého typu stavěcím šroubem. Lze však použít i ložiskové jednotky přímo k napínání určené. Je však nutno uvažovat s uložením této jednotky do rámu, ve kterém se bude jednotka pohybovat. Na obrázku č. 37 vlevo je k vidění varianta, kde k napínání nedochází na ložiskách. Vpravo je napínací rám s napínací jednotkou.



Obr. č. 37 Řešení napínání [26]

4.4.2 Vlastní řešení napínání

Z důvodu lepší montáže a demontáže celého celku je nutné vyřešit napínání na šikmé části dopravníku. Vodorovná část je po celou dobu vně stroje a při každém seřízení by údržba musela dopravník vyjmout, což je nežádoucí. Při navrhování s tímto úzce souvisí i umístění a uchycení motoru tak, aby bylo možné řetěz napnout a následně namontovat motor. Pro mě je nejvhodnější varianta ložisková jednotka v kombinaci s vodícím rámem a tak od firmy SKF volím napínací jednotku Y s označením TU 20 TF [24]. Vodící rám (svařenec) této jednotky je koutovými svary připevněn k hlavnímu vynášecímu rámu. Zvolený je napínací šroub se závitem M16x2. Hřídel bude zajištěna stavěcím šroubem proti osovému posuvu. Konstrukce je provedena tak, aby bylo možné ložisko napínat až o 94 mm. Nastavenou napínací polohu zajistí šestihranná polohovací matice. Specifikace napínací jednotky v příloze č. 1.



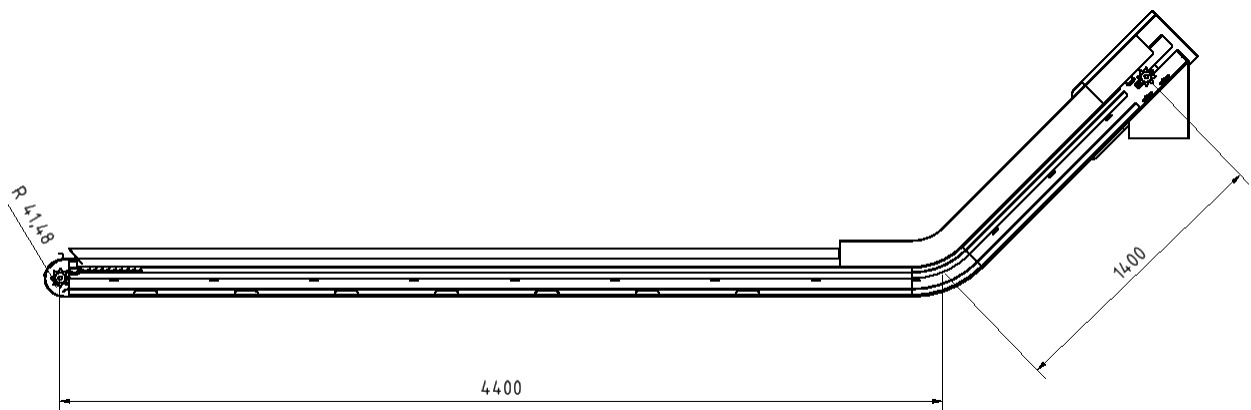
Obr. č. 38 Napínací stanice [23]

4.5 Tahová síla v pásu

Při tomto výpočtu je nutné vzít v úvahu následující aspekty [22]:

- Typ dopravníku
- Celková přepravovaná hmotnost
- Rychlost posuvného pohybu řetězu
- Rozteč řetězu
- Propojení řetězu
- Pracovní prostředí
- Typ řetězu
- Mazání

Za pomoci těchto faktorů je vypočítána tahová síla v pásu. Tento fakt pomůže určit potřebný výkon hnacího motoru. Taktéž bude zkontrolován měrný tlak na váleček a čep řetězu, který by podle výrobce měl vyhovovat podmínkám. Zdrojem výpočtu je konzultace a příručky pro konstruktéry od firmy řetězy Vamberk. [22]



Obr. č. 39 Délkové rozměry pásu v dopravníku [23]

Hmotnost dopravovaného materiálu pro vodorovnou část dopravníku

$$m_{1v} = a \cdot \frac{Q}{3,6 \cdot v} = 4,4 \cdot \frac{0,407}{3,6 \cdot 0,075} = 6,5 \text{ kg} \quad (4.5.1)$$

a = délka vodorovné části dopravníku [m]

Q = přepravované množství [t/h]

v = rychlost pásu [m/s]

Hmotnost řetězu s články pro vodorovnou část dopravníku

Celková délka pásu vodorovné části.

$$L_v = 2 \cdot a + \frac{\pi \cdot d_p}{2} = 2 \cdot 4,4 + \frac{\pi \cdot 0,083}{2} = 8,93 \text{ m} \quad (4.5.2)$$

$$m_v = L_v \cdot q = 8,93 \cdot 23,5 = 210 \text{ kg} \quad (4.5.3)$$

q = váha článkového pásu [kg/m] – tato hodnota je odečtena ze softwaru Inventor.

Hmotnost dopravovaného materiálu pro šikmou část dopravníku

$$m_{1\xi} = a \cdot \frac{Q}{3,6 \cdot v} = 1,4 \cdot \frac{0,407}{3,6 \cdot 0,075} = 2,1 \text{ kg} \quad (4.5.4)$$

Hmotnost řetězu s články pro šikmou část

$$L_\xi = 2 \cdot a_\xi + \frac{\pi \cdot d_p}{2} = 2 \cdot 1,4 + \frac{\pi \cdot 0,083}{2} = 2,93 \text{ m} \quad (4.5.5)$$

$$m_\xi = L_\xi \cdot q = 2,93 \cdot 23,5 = 68,9 \text{ kg} \quad (4.5.6)$$

Volba koeficientů tření fr

Tento koeficient definuje hodnotu odporu při pohybu dvou částí po sobě pohybujících se ve styku. Hodnota se liší v závislosti na materiálech a mazání.

<i>Dotýkající se tělesa</i>	<i>součinitel smykového tření "fr" suchý povrch</i>	<i>součinitel smykového tření "fr" mazaný povrch</i>
Ocelové řetězy na vedení z tvrdého dřeva	0,44	0,29
Ocelové řetězy na ocelových vedeních	0,30	0,20
Ocelové řetězy na drsných, nerovných nebo zrezivělých vedeních	0,35	0,25
Ocelové řetězy na vedeních z polyethylenu o vysoké hustotě a o velmi vysoké molekulové váze	0,18	0,05

Tab. č. 1 Koeficient fr [22]

Jelikož podpěry budou z oceli a pás je děrovaný, čili chladicí kapalina proteče i mezi tento styk, koeficient smykového tření bude fr=0,20.

Volba součinitele provozu Fs

Pojednává o korekčním součiniteli tahové síly. Aplikuje se na tahovou sílu a určuje podmínky provozu v pěti různých možnostech. Výsledná hodnota bude rovna součinu jednotlivých koeficientů zvolených podmínek.

Podmínky provozu	F_s
Poloha nákladu - vystředěná - nevystředěná	1,0 1,5
Charakteristiky zatížení materiálem - stejnoměrné: Výskyt přetížení méně než 5% - s mírnými změnami, kolísáním: Výskyt přetížení 5-20% - s velkými změnami, kolísáním: Výskyt přetížení 20-40%	1,0 1,2 1,5
Frekvence rozběhu – zastavování pod zatížením - méně než 5 krát za den - od 5 krát za den až do 2 krát za hodinu - častěji než 2 krát za hodinu	1,0 1,2 1,5
Pracovní prostředí - relativně čisté - středně prašné nebo špinavé - vlhké, velice špinavé nebo korozivní	1,0 1,2 1,3
Počet provozních hodin za den - do 10 - do 24	1,0 1,2

Tab. č. 2 Součinitel podmínek provozu [22]

Jelikož je téměř nemožné určit přesný sypný úhel třisek, které chaoticky padají na dopravní pás, poloha nákladu bude nevystředěná $F_s=1,5$. Rychlost pásu je vypočítána pro maximální pracovní řezné podmínky, které je schopen stroj a nástroj zvládnout a proto charakteristika zatížení materiálem bude stejnoměrná s výskytem přetížení méně pravděpodobným 5 % čili $F_s=1,0$. Předpokládejme, že stroj bude pracovat na dvě směny v sériové výrobě a tak frekvence rozběhu pod zatížením bude menší než pětkrát za den, $F_s=1,0$. Zařízení bude pod pravidelnou kontrolou a údržbou. Pracovní prostředí bude tedy dodržované relativně čisté $F_s=1,0$. Již předem zmiňovaný dvousměnný provoz do 24 hodin takže $F_s=1,2$. Součin všech faktorů **$F_s=1,8$** [-].

Volba součinitele rychlosti F_v

Tento korekční součinitel závisí na rychlosti pásu a počtu zubů ozubeného poháněcího nebo vodícího kola, disku.

rychlost m/min.	Počet zubů ozubeného kola						
	6	7 – 8	9 - 10	11 - 12	13 - 16	17 - 20	21 - 24
3,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
7,5	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
15,0	1,4	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
30,0	2,0	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8
60,0	4,4	2,0	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9

Tab. č. 3 Součinitel rychlosti [22]

Vypočítána rychlost z předchozí kapitoly je 4,5 m/min a počet zubů byl zvolen 8. Tato rychlost však v tabulce není, avšak můžeme uvažovat koeficient cca **Fv=0,82**.

Výsledná tahová síla – vodorovná část

$$T_v = g \cdot \frac{(m_v + m_{1v}) \cdot f_r \cdot F_s \cdot F_v}{\text{počet řetězů}} = 9,81 \cdot \frac{(210 + 6,5) \cdot 0,8 \cdot 1,8 \cdot 0,82}{2} = 1254 \text{ N} \quad (4.5.7)$$

Výsledná tahová síla – šikmá část

$$T_{\xi} = g \cdot \frac{[\cos \alpha \cdot (m_{\xi} + m_{1\xi}) \cdot f_r + \sin \alpha \cdot m_{1\xi}] \cdot F_s \cdot F_v}{\text{počet řetězů}} \quad (4.5.8)$$

$$T_{\xi} = 9,81 \cdot \frac{[\cos 45 \cdot (68,9 + 2,1) \cdot 0,8 + \sin 45 \cdot 23,6] \cdot 1,8 \cdot 0,82}{2} = 412 \text{ N} \quad (4.5.9)$$

$$T_{\text{celk}} = T_v + T_{\xi} = 1254 + 412 = 1666 \text{ N} \quad (4.5.10)$$

Celková tahová síla v pásu je **1666 N**.

4.5.1 Kontrola čepu řetězu

Měrný tlak v kloubu lze vypočítat za pomoci následujícího vztahu [22]:

$$P_t = \frac{T_{\text{celk}}}{f} = \frac{1666}{296} = 5,63 \text{ MPa} \quad (4.5.1.1)$$

Kde f je hodnota z katalogu řetězů $f = 296 \text{ mm}^2$

Materiály, které jsou ve tyku Pouzdro Otočný čep		maximální měrný tlak MPa
Cementovaná ocel	Cementovaná ocel	25,0
Cementovaná ocel	Zušlechťená ocel	21,0
Litina	Cementovaná ocel	17,5
Nerezová ocel	Nerezová ocel	12,0
Bronz	Cementovaná ocel	10,0

Tab. č. 4 Maximální měrné tlaky [22]

Z tabulky č. 4 je patrné, že maximální měrný dovolený tlak je pro materiál nerezová ocel: $P_d = 12 \text{ Mpa}$.

Podmínka platí $P_d > P_t$

Maximální měrný tlak dovolený je větší než vypočítána hodnota, řetěz vyhovuje.

4.6 Pohon

V situaci, kdy se jedná o dopravník třísek, se k pohánění zcela vždy používá pouze jedna poháněcí jednotka. Existují však i případy s dvojitým poháněcím členem. Jedná se však o úplně jiné odvětví využití, při kterém se objem přepravovaného materiálu a vzdálenosti diametrálně liší od navrhovaného typu. [1] Jako motor se většinou volí třífázový asynchronní. Pro docílení optimální zvolené rychlosti pásu je k pohonu nutno přidat převodovku. Převod může být zajištěn pomocí řetězového převodu nebo také převodovkou. Výkon elektromotorů je závislý na faktorech jako je velikost dopravníku, dopravní vzdálenost, rychlost a jiné. Motor s převodovkou a tudíž i poháněcí ozubená kola jsou vždy umístěné na vynášecí části dopravníku.

Výpočet požadovaného výkonu se určí vztahem: [22]

$$P_p = \frac{T_{celk} \cdot 2 \cdot v}{1000} = \frac{(2 \cdot 1666) \cdot 0,075}{1000} = \mathbf{0,25 \text{ kW}} \quad (4.6.1)$$

T = tažná síla v pásu [N], v = rychlost pásu [m/s]

Při tomto výpočtu je nutné zohlednit účinnosti jak motoru tak převodovky. Z katalogu firmy Siemens vybírám vhodný typ nízkonapěťového motoru typu 1LA7. Jsou vhodné pro pohony průmyslových zařízení, například ventilátorů, čerpadel, obráběcích strojů, lisů a podobně. Účinnosti se u takto malých výkonů pohybují v rozmezí od 51% do 66%. [25] Přesné označení vybraného motoru je SIEMENS 1LA7083-8AB1x, 0.5 kW.

Potřebný příkon:

$$P_m = \frac{P_p}{\eta_p \cdot \eta_m} = \frac{0,25}{0,51 \cdot 0,98} = \mathbf{0,49 \text{ kW}} \quad (4.6.2)$$

Typová řada:	1LA7
Velikost (osová výška):	90
Výkon:	0,55 kW
Otáčky:	675 min ⁻¹
Počet pólů:	Osmipólový
Napětí:	230 / 400V 50Hz
Krytí:	IP 55
Kostra:	Hliníková
Pro teplotu okolí:	od -20°C do +40°C
Třída izolace:	F
Pro nadmořskou výšku:	do 1000 m
Pro trvalé zatížení:	S1
Standardní nátěr:	Odstín RAL 7030

Tab. č. 5 Specifikace motoru [25]

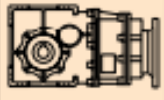

K výběru vhodné převodové skříně je zapotřebí určit převodový poměr z otáček na hřídeli a otáček motoru - $n_h = 17,7 \text{ ot/min}$, $n_m = 675 \text{ ot/min}$.

Převodový poměr:

$$i = \frac{n_m}{n_h} = \frac{675}{17,7} = 38,2 \quad (4.6.3)$$

Takto velký převodový poměr je nerealizovatelný převodem řemenovým nebo řetězovým. Požadavky splňuje šneková nebo kuželočelní převodovka. Výhody spočívají především ve velké účinnosti (až 98%) a životnosti.

Od firmy Transtecno volím převodovku CMB633. Rozmezí převodového poměru je 6,7 – 221,9. Pro výkony motorů 0,12 – 7 KW. Nejblíže možný převodový poměr je 38,8. [26].

P_1 [kW]	n_z [min ⁻¹]	M_z [Nm]	sf	i		
0.55						
80A4	36.0	137	1.8	38.88	CMB633	B5/B14

Tab. č. 6 Specifikace převodovky [26]

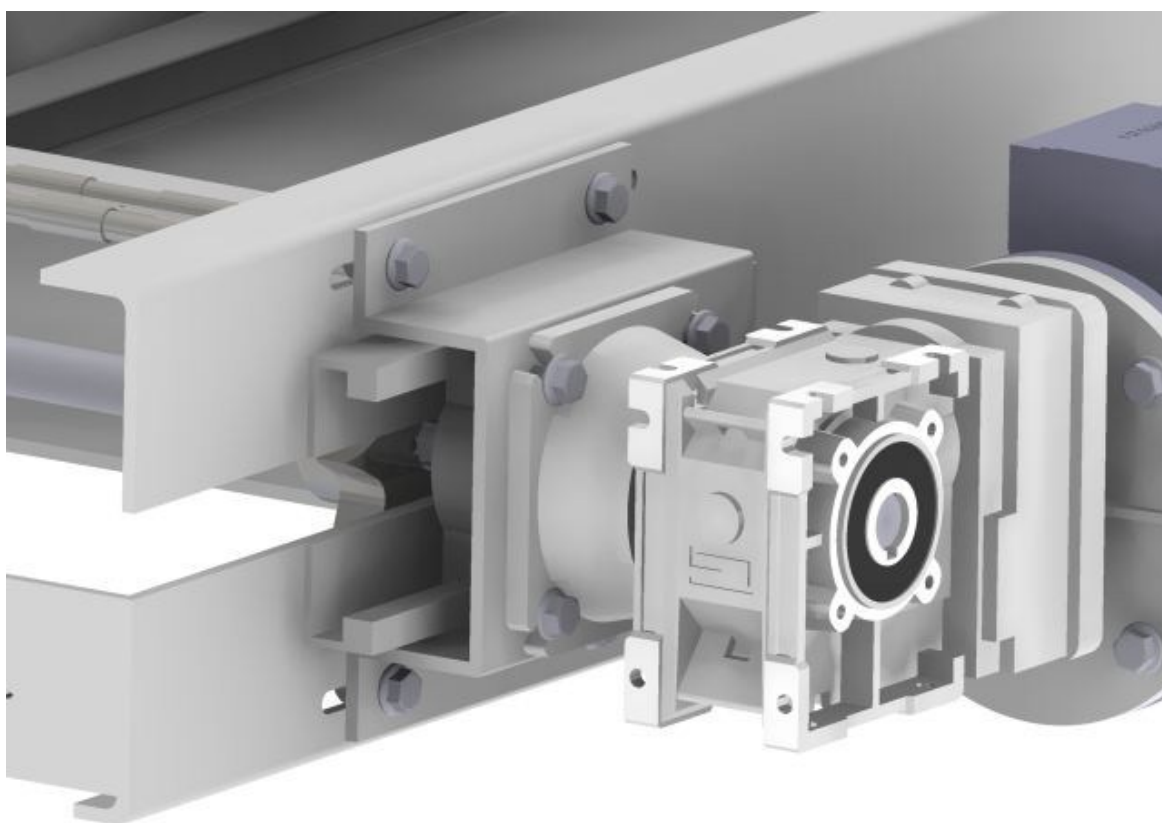
Pro ochranu proti přetížení se používají kluzné nebo elektromagnetické spojky. Motor je také vhodné vybavit brzdou, která zabráni samovolnému chodu (sjetí) pásu po vypnutí pohonu. [5] Taktéž je vhodné zvolit jako volitelné příslušenství teplotní čidlo pro kontrolu a ochranu motoru. [10] Pro plynulou regulaci lze nainstalovat frekvenční měnič, který pomocí změny napětí a třífázové frekvence dokáže libovolně měnit otáčky. [26].



Obr. č. 40 Motor s převodovkou [23]

4.6.1 Uchycení motoru k dopravníku

V případě, že napínací stanice se nachází na vodorovné části, je uchycení motorů méně náročné na konstrukci a montáž. V mém návrhu je zapotřebí zvážit uchycení tak, aby bylo možné řetěz napínat, a tím se posune osa hřídele. Z tohoto důvodu nemůže být uchycení převodovky a motoru stabilní, nýbrž pohyblivé v rámci pohybu osy hřídele. Motor s převodovkou je za pomoci přírub spojený čtyřmi šrouby. Celek je pak šrouby M8 přichycen k upínacímu rámu, který je v hlavním šikmém rámu pohyblivý a lze jej posouvat v závislosti na pozici osy hřídele. Konstrukce je znázorněna na vizualizaci obr. č. 41.



Obr. č. 41 Motor s převodovkou [27]

4.7 Hřídel

Hřídel bude namáhána krutovým a ohybovým napětím. Materiál hřídele volím nízkolegovanou slitinovou ocel 14 240. Používá se pro středně namáhané součásti, např. klikové hřídele, hřídele řetězových kol, ojnice, čepy, šrouby, apod. Je dobře obrobitelná. [27] Pro tento materiál je dovolené napětí v krutu $\tau_D = 160$ až 285 MPa [28]. Z kroutícího momentu na hřídeli je určen minimální průměr hřídele.

Výpočet kroutícího momentu na konci hřídele, která je uložena v převodovce:

$$M_{k1} = \frac{P_m}{2 \cdot \pi \cdot n_1} = \frac{250}{2 \cdot \pi \cdot 0,295} = 134,9 \text{ N m} \quad (4.7.1)$$

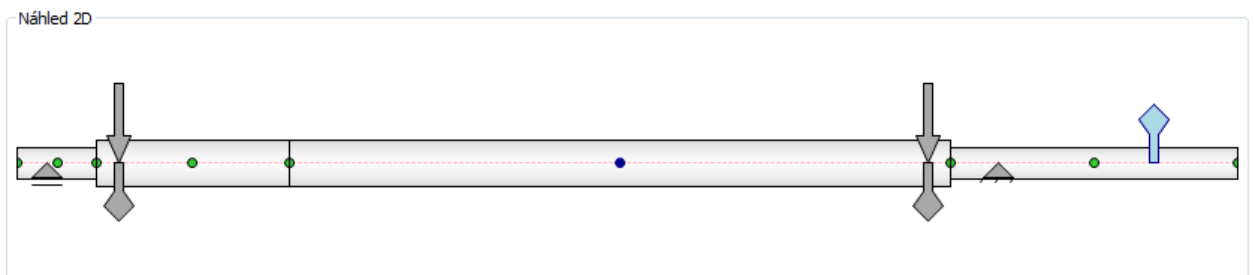
Jelikož na hřídeli jsou dvě ozubená kola, výsledný moment na každém ozubeném kole bude $M_{ko} = 67,45 \text{ N m}$.

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{k1}}{\pi \cdot \tau_D}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 134900}{\pi \cdot 160}} = 16,25 \text{ mm} \quad (4.7.2)$$

U minimálního průměru je nutné počítat s drážkou pro těsné pero. Doporučený průměr také spočítá program Inventor.

4.7.1 Výpočet hřídele

V programu Autodesk Inventor jsem hřídel podrobil výpočtům. Všechny působící síly na hřídel včetně podpory byly zvoleny tak, jak lze vidět na obr. č 42.



Obr. č. 42 Síly působící na hřídel [27]

Program vypočítal síly v podporách $F_A = 1678 \text{ N}$ a $F_B = 1688 \text{ N}$. Výsledky jsou v tab. č. 7.

Index	Typ	Umístění	Reakční síla					Poddajnost	Typ	Průhyb				Úhel průhybu
			Y	X	Velikost	Směr	Axiální zatížení			Y	X	Velikost	Směr	
1	Volný	19 mm	1678,482 N	1678,482 N					Vlastní	-0,000 microm	0,000 microm	180,00 deg	0,17 deg	
2	Pevná	614 mm	1688,182 N	1688,182 N					Vlastní	-0,001 microm	0,001 microm	180,00 deg	0,17 deg	

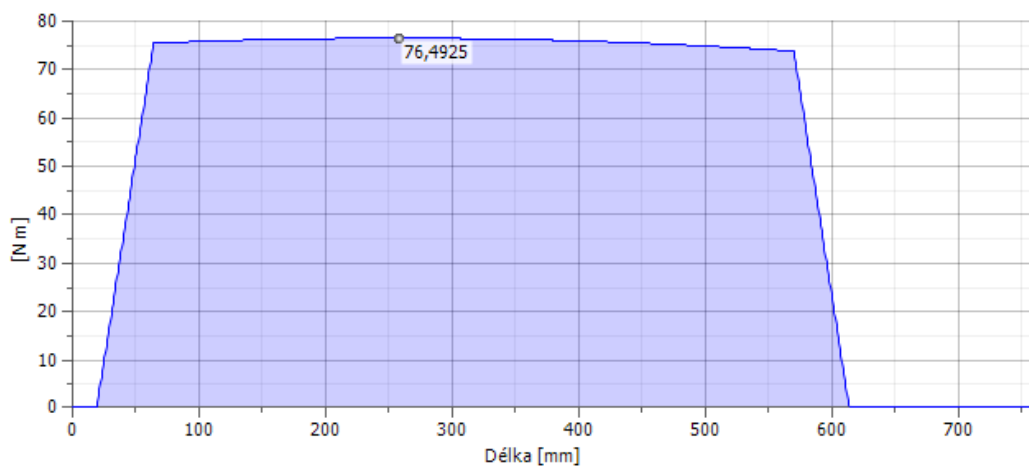
Tab. č. 7 Reakční síly vypočtené programem Inventor

Níže jsou vypočítané výsledky maximálního napětí pro ohyb, smyk a krut. Taktéž redukované napětí.

Délka	L	764,000 mm
Hmotnost	Hmotnost	3,535 kg
Maximální napětí v ohybu	σ_B	66,196 MPa
Maximální smykové napětí	τ_S	5,362 MPa
Maximální napětí v krutu	τ	85,944 MPa
Maximální napětí v tahu	σ_T	0,000 MPa
Maximální redukované napětí	σ_{red}	162,293 MPa

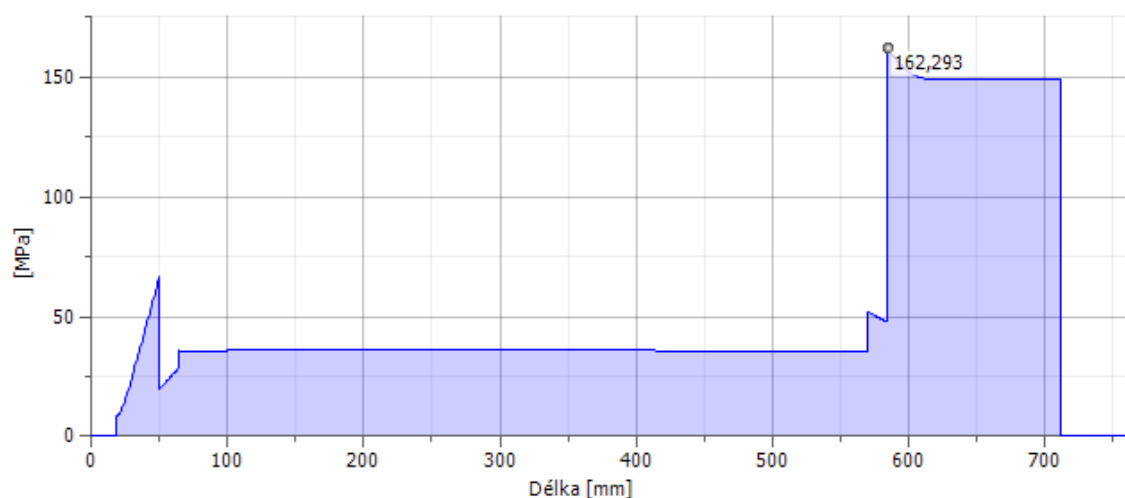
Tab. č. 8 Vypočítané napětí programem Inventor

Maximální ohybový moment činí $M_{o_{max}}=76,49$ N m.



Tab. č. 9 Ohybový moment na hřídeli

Největší redukované napětí činí 162,3 MPa a vyskytuje se v místě uložení ozubeného kola bližšího k pohonu. Doporučený průměr hřídele právě v tomto místě je 30 mm.

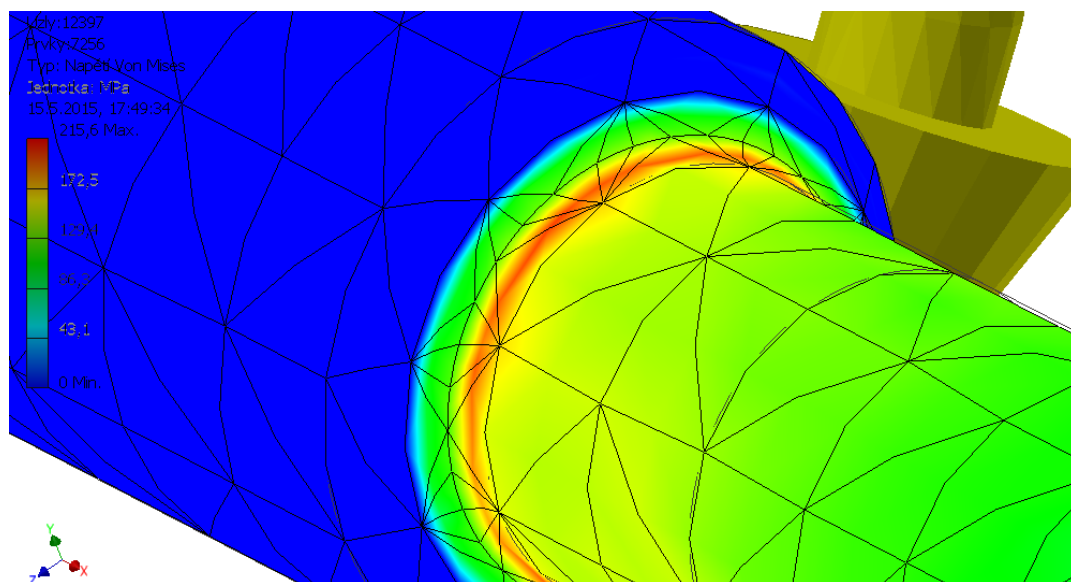


Tab. č. 10 Redukované napětí v hřídeli

Pomocí pevnostní analýzy, v programu Inventor, jsem na hřídel aplikoval síť konečných prvků a zadal všechny potřebné veličiny. Při MKP analýze kombinovaného zatížení, byla zjištěna špička napětí v oblasti vrubu přechodu hřídele o průměru 20 mm na 30 mm. Hodnota největšího napětí je 215,6 MPa. Na obr. 43 je detail vrubu. Materiálové vlastnosti oceli 14 420 udávají dovolené napětí až 530 MPa. Odečtené hodnoty jsou z materiálových listů, viz příloha č. 4.

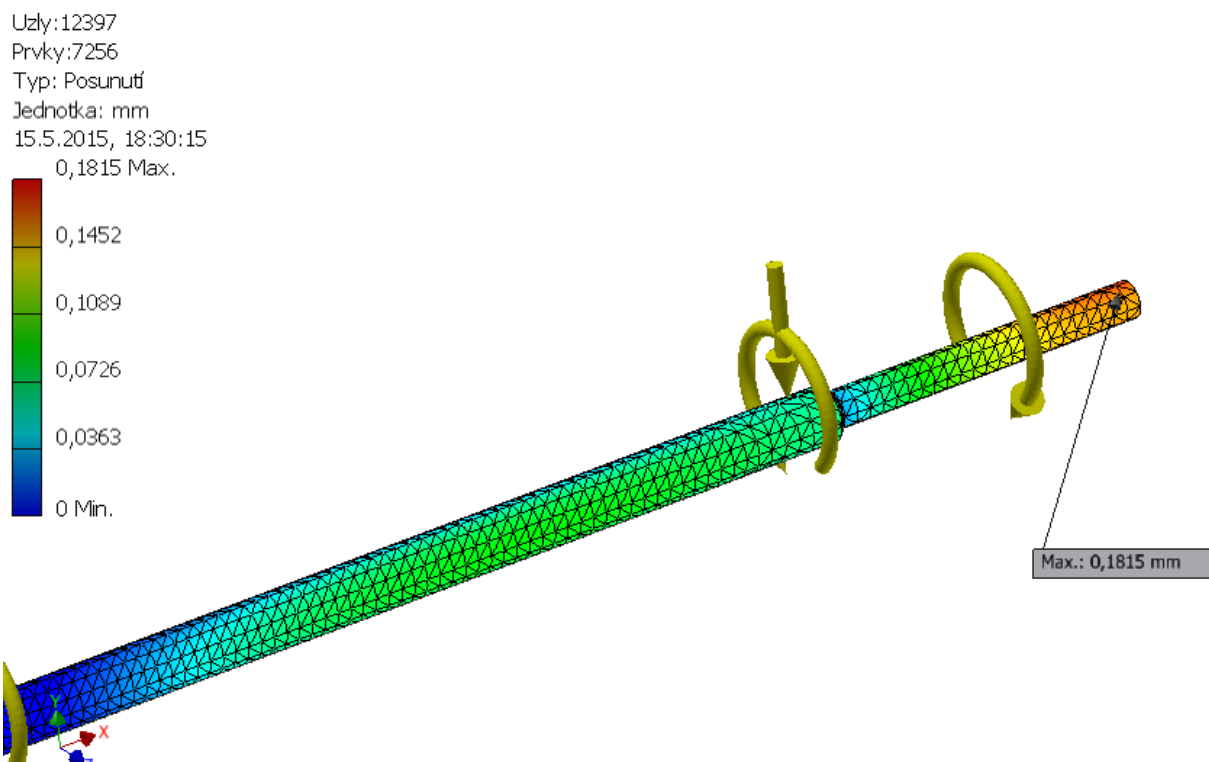
Mez kluzu R_e nebo $R_p 0,2$ [MPa] min		530	470
Mez pevnosti R_m [MPa]	max 740	740-880	690-830

Tab. č. 11 Vlastnosti materiálu 14 420 [27]



Obr. č. 43 Síly působící na hřídel - detail

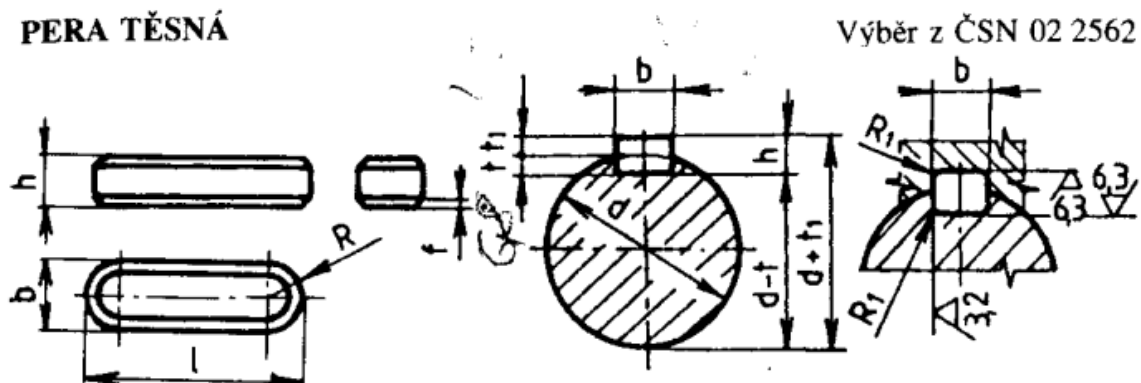
Obr. č. 44 zobrazuje největší deformace na hřídeli. Budou na samém konci, umístěném v převodovce. Modrá barva představuje minimální deformaci a barva červená maximální. Maximální hodnota je tedy 0,1815 mm a je vyznačená šipkou.



Obr. č. 44 Síly působící na hřídel

4.7.2 Spojení hřídel – náboj

Z důvodu snadné montáže a demontáže je hřídel spojena s řetězovým kolem pomocí těsného pera. Pomocí výpočtu na otláčení per se zkontroluje vhodně vybrané pera.



Obr. č. 45 Pera těsná [28]

Síla tlačící na bok pera v řetězce:

$$F_p = \frac{Mk_0}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{67,45}{\frac{0,080}{2} + \frac{0,0025}{2}} = 4151 \text{ N} \quad (4.7.2.1)$$

Minimální délka boku pera:

$$l' \geq \frac{F_p}{p_D \cdot t_1} = \frac{3956}{100 \cdot 2,5} = 16,6 \text{ mm} \quad (4.7.2.2)$$

Síla tlačící na bok pera v převodovce:

$$F_p = \frac{Mk_1}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{135}{\frac{0,020}{2} + \frac{0,0041}{2}} = 12000 \text{ N} \quad (4.7.2.3)$$

$$l' \geq \frac{F_p}{p_D \cdot t_1} = \frac{12000}{100 \cdot 4,1} = 48 \text{ mm} \quad (4.7.2.4)$$

Dle výpočtů volím vyhovující pera 8e7x7x40 a 6e7x6x63 ČSN 02 2562

4.7.3 Výpočet ložisek

Napínací hřídel je uložena v napínacích jednotkách, které pracují s kuličkovými ložisky. Přesné parametry jsou vidět v tabulce níže.

Základní rozměry					Základní hodnoty zatížení		Označení	Těleso	Ložisko
d	A	H	H1	L	dynamické C	statické C0	Ložisková jednotka		
mm					kN		-		
20	34	92	76	97	12,7	6,55	TU 20 TF	TU 504 M	YAR 204-2F

Tab. č. 12 Hodnoty zatížení ložiska TU 20 TF [28]

Koeficienty X a Y z tabulek:

X=1, Y=0

Výpočet se provádí podle rovnice pro základní trvanlivost ložisek dle ISO 281:1990. Tento výpočet je běžný v celém průmyslu.

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{p_L} \right)^a \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{12700}{1688} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 17,7} = 374764 \text{ hod} \quad (4.7.3.1)$$

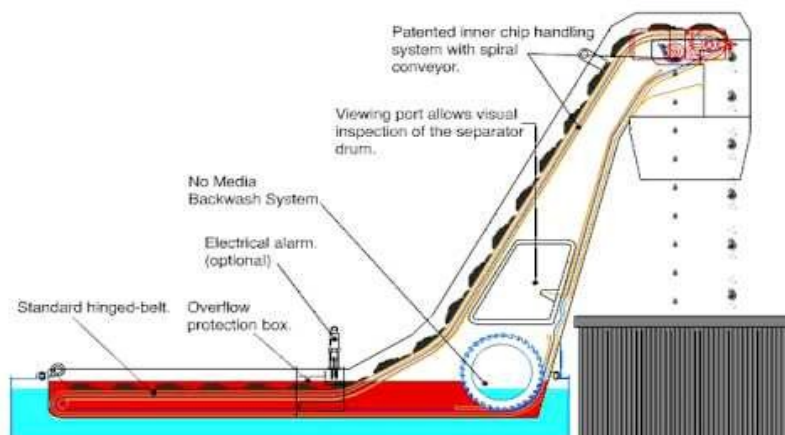
Při takto malých otáčkách je ložisko vyhovující pro dlouholetý provoz.

4.8 Odtok kapaliny

Jelikož dopravník je součástí obráběcího procesu, ve kterém se při obrábění využívá chladicí kapaliny, je nutné tuto skutečnost zvážit při navrhování. Chladicí kapalina po odvedení své práce (chlazení obrobku) vtéká na článkový pás. Kdyby nebyl pás vybaven odtokovými děrami, tak by se velká část vody hromadila v koncovém sběrném kontejneru. Kapalina tedy protéká děrami v článku do vnitřní konstrukce dopravníku. Tato kapalina musí neustále proudit a musí se vrátit zpět do kapalinové nádrže. Před samotným tlakem do trysek je nutné, aby kapalina prošla filtračním zařízením, které odstraní případné drobné částičky, které s sebou kapalina odnesla [2]. Na obrázku č. 46 lze vidět jedno z možností řešení. Vodorovná část dopravníku je uzavřená. V přechodu mezi šikmou částí kapalina může odtékat zpět do nádrže. Nádrž je součástí celé konstrukce a je konstruována vedle dopravníku. Na dalším obrázku níže s jiným provedením přichází firma Mayfran. Odtok kapaliny taktéž probíhá na stejném místě jako na obr. 46, avšak součástí je filtrační separátorový buben, přes který kapalina vtéká zpět. Celý dopravník je umístěn přímo v nádrži.

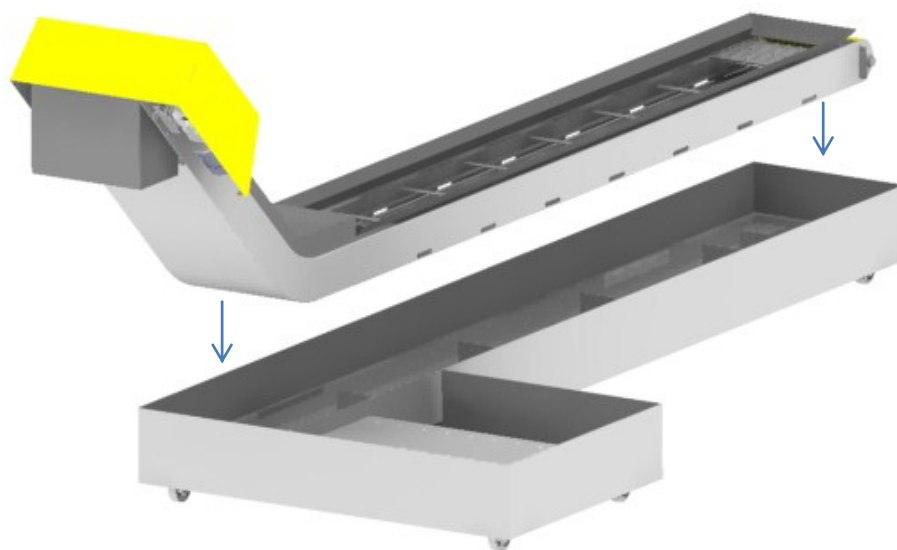


Obr. č. 46 Jedno z možných řešení nádrže chladicí kapaliny

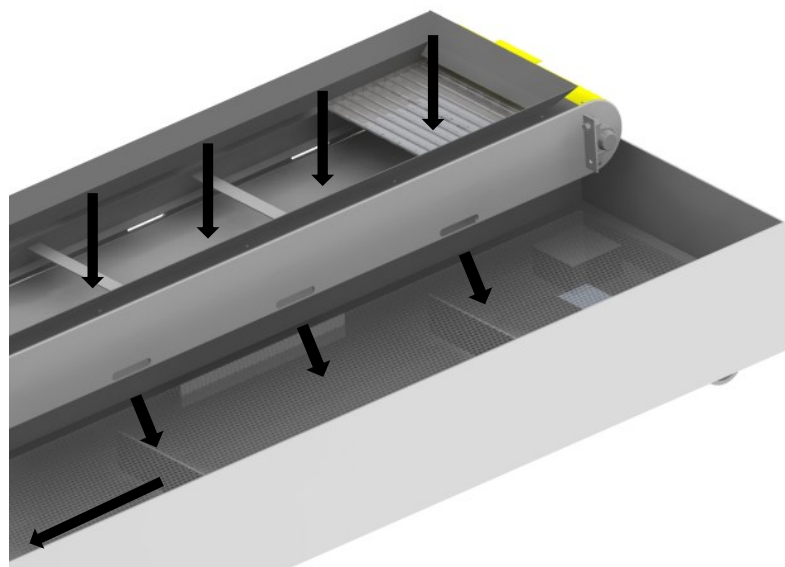


Obr. č. 47 Separátorový buben firmy Mayfran International

Mým řešením je částečná kombinace těchto dvou předešlých řešení. Kapalina ale může odtékat odtokovými otvory po téměř celé délce rámu. Celý dopravník je umístěný přímo v nádrži a je podepřený podpěrami. Mezi dopravníkem a podpěrami je umístěno jemné síto, které působí jako první filtrace. Menší částčky třísek se tedy do nádrže nedostanou. O zbytky třísek ve formě prachu se postará finální filtrace před čerpáním do trysek. Tato drátěná síta by šla pořídit například u firmy Sitex Euro. Vyrábí je na zakázku z nerezové oceli a průtokové průměry se volí v rozsahu 0,02 – 10 mm. Celek je díky kolečkům pohyblivý a tak je montáž do prostoru stroje vyřešena jednoduchým vjezdem pod pracovní prostor.



Obr. č. 48 Vlastní řešení nádrže na kapalinu

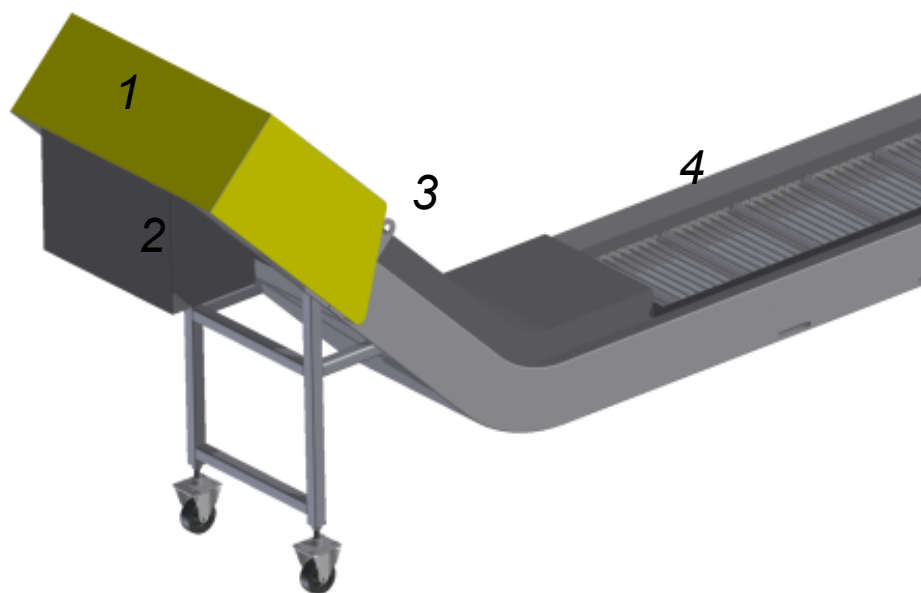


Obr. č. 49 Detail směru průtoku chladicí kapaliny

Na obrázku č. 49 je znázorněn pohyb chladicí kapaliny v celém procesu. Dle zadání je zapotřebí, aby celý proces chladicí kapaliny pracoval s nádrží o možném objemu 420 l. Navržená nádrž má objem 485,8 l takže požadavek vyhovuje. K úplnosti je nutno zvážit a vyřešit vhodné čerpadlo s filtrací, případně odlučovače oleje. K těmto dalším komponentům je vyhrazen přebývající prostor konstrukce nádrže.

4.9 Doplnkové prvky dopravníku

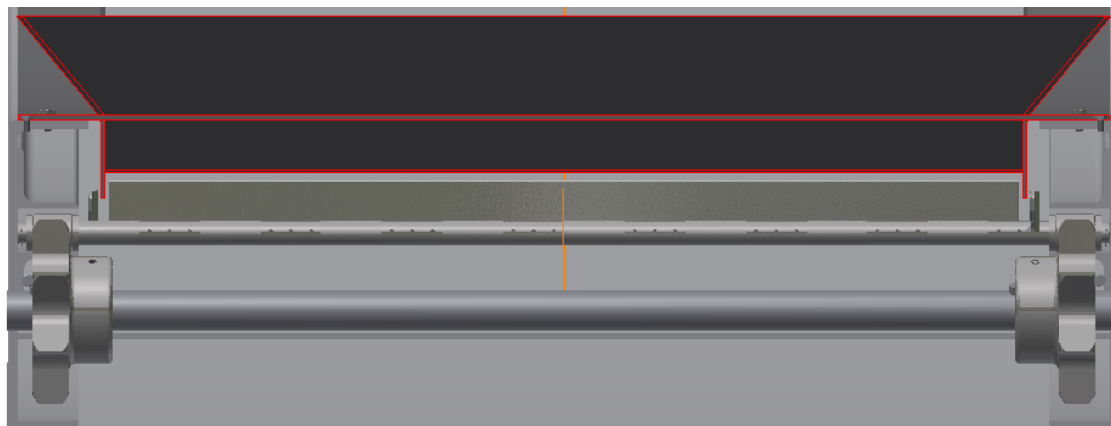
Z důvodu bezpečnosti je vhodné dopravník vybavit krytováním. Hlavní kryt č. 1 zakrývá motor a celou napínací stanici a tak zabraňuje případnému zranění. U krytování je nutno myslet na potřebný otevřený prostor pro ventilaci vzduchu pro elektromotor. Kryt je uchycen k hlavní části pomocí pantů, takže v případě potřeby je možné kryt otevřít bez složité demontáže a provést údržbu.



Obr. č. 49 Krytování stroje

Kryt č. 2 plní funkci rovnoměrného vynášení a odpadávání třísek z konce pásu. Navádí třísky do sběrné nádoby. Kryt je přichycený pomocí šroubů na pomocné liště, která je svařená ke konstrukci. K lepší manipulaci slouží závěsná oka pro jeřáb (3). Nachází se v místě viditelném na obrázku a taky na konci dopravníku. K podepření vynášecí částí slouží výztuhy ze svařených normalizovaných profilů ISO 4019 velikosti 40 x 40 x 4. Výztuhy jsou vybaveny kolečky pro snadný vjezd do potřebného místa stroje. Pomocí šroubů M 16 jsou kolečka nastavitelná. Kryt (4) plní funkci ochrannou v části, kde dopravník není v pracovním prostoru stroje. Kryt je

vybaven krytkami pro boční vedení, aby se zmenšilo riziko úniku třísky do nežádoucího prostoru. Krycí lišty jsou znázorněné na obr. č 50.



Obr. č. 50 Znáznornění funkce krytování

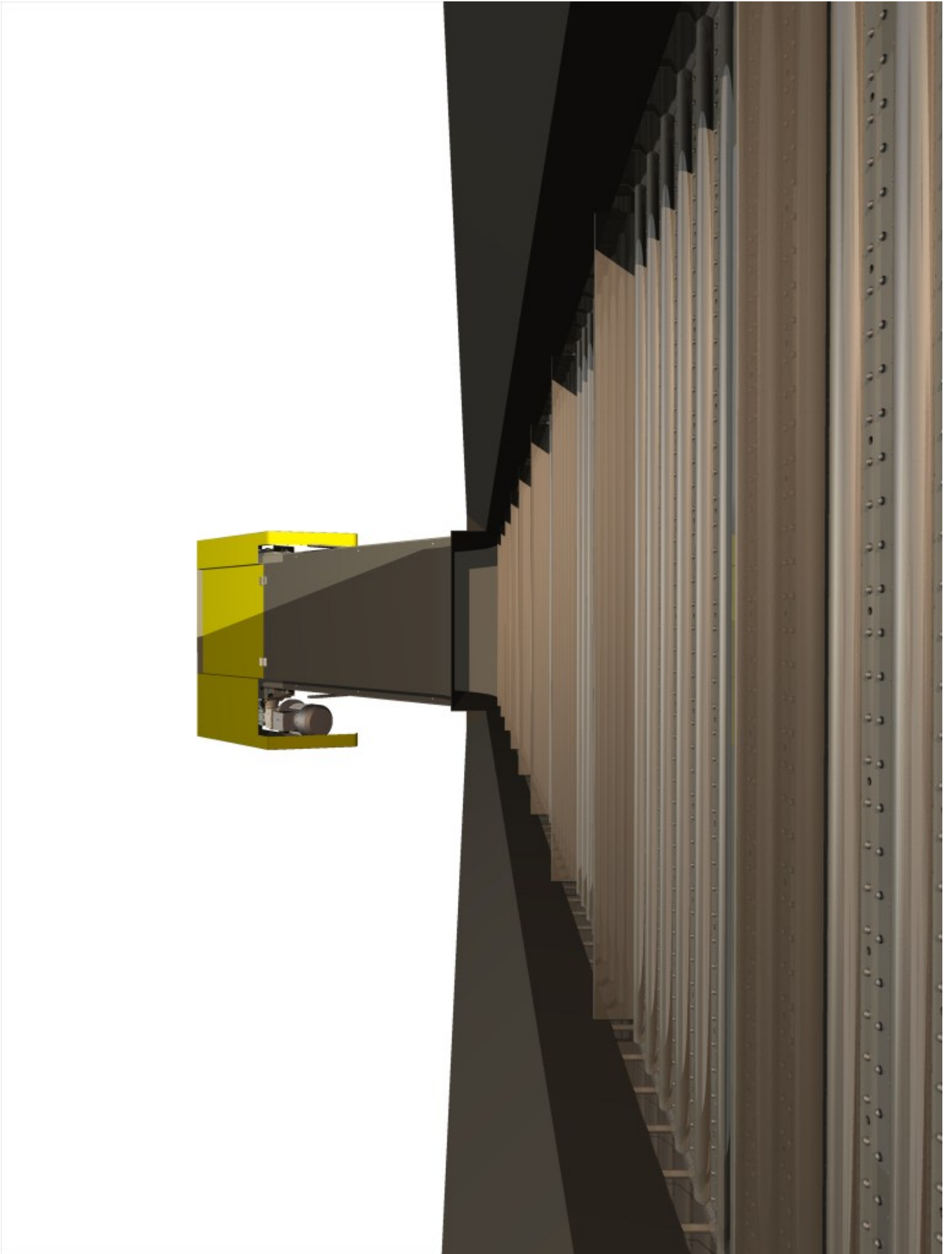
5 Závěr

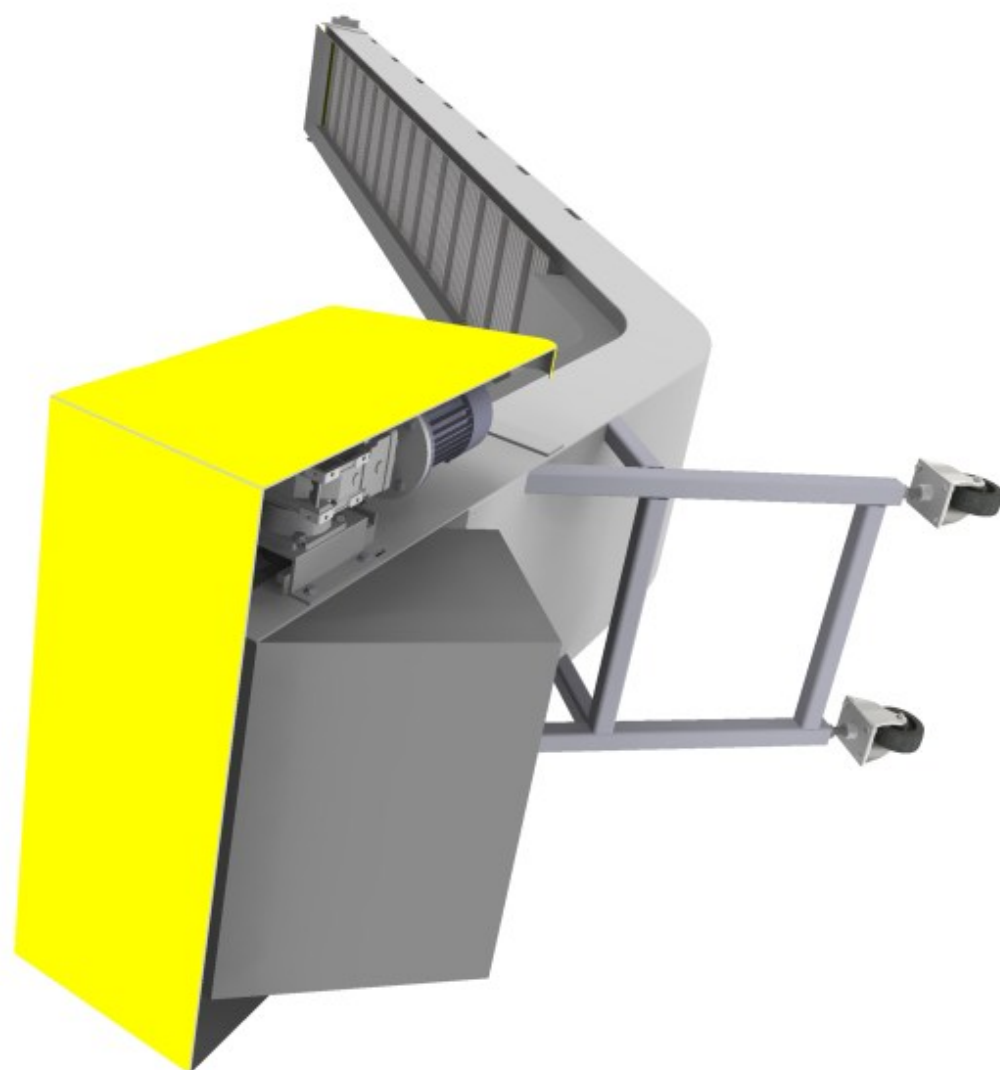
Na počátku celé práce, za pomoci rešerše dostupných zařízení na trhu, bylo přiblíženo funkční využití jednotlivých druhů dopravníku. Rešerše pomohla vytřídit nevhodné dopravníky a zaměřit se přímo na stroje k třískám určené. Vybrané provedení s článkovým pásem udalo směr dalšího navrhování. Zařízení slouží k dopravě ocelových třísek a tak celý návrh začal v kapitole 3, kde třísková problematika byla detailně rozebrána a za pomoci znalostí týkajících se utváření třísek a ze zadání obráběného materiálu se určil typ třísky a rychlost tvorby špon. Při výpočtech bylo počítáno s maximálně možným objemem, který je stroj a obráběcí nástroj schopný vytvořit. Z těchto poznatků bylo možné začít navrhovat.

Kapitola čtvrtá je zaměřena na rozbor jednotlivých úseků dopravníku, přičemž v každém úseku je vybrán konkrétní návrh. Pomocí objemu, váhy a času produkování třísek, společně se zástavbovými rozměry bylo možné navrhnout vyhovující pás podmínkám provozu. Dále byl rozepsán každý důležitý prvek, který s dopravníkem souvisí. Pomocí výpočtu tahové síly v pásu, bylo možné zkontrolovat, zdali je pás vhodně navržen. Dle potřebného výkonu byl zvolen motor s převodovkou, u kterého bylo nutné vyřešit montáž. Navržená ložiska a pera byla zkontrolována. Dle výpočtu pomocí softwaru Autodesk Inventor se hnací hřídel podrobila výpočtům MKP. S dopravníky třísek pracující s chladicí kapalinou neodmyslitelně souvisí také nádrž. Výsledný návrh by měl fungovat na principu dvojí filtrace pomocí filtračního síta mezi dopravníkovým odtokem a nádrží. Pro druhou filtraci poslouží místo v nádrži k tomu určené při navrhování.

Na závěr bylo nutné vybavit stroj vhodnými kryty. Taktéž byla navržena pohyblivá podpěra z profilů, které lomenou část podepírají. Na samotném konci jsou vizualizace konečného 3D modelu vlastního návrhu dopravníku třísek s článkovým pásem.







Zdroje

- [1] Prof. Ing. ZDĚNĚK CVEKL, Prof. Ing. FRANTIŠEK DRAŽAN a kolektiv.: Teoretické základy transportních zařízení, 1976 Praha
- [2] doc. Ing. KAREL JEŘÁBEK, CSc.: Stroje a zařízení pro manipulaci 1986 Praha.
- [3] Online zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1sov%C3%BD_dopravn%C3%ADk
- [4] Online zdroj: <http://www.tmt.cz/cz/valeckove-dopravniky>
- [5] prof. Ing. ZDĚNĚK CVEK, CSc., Ing. LUBOMÍR JANOVSÝ, CSc.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, Praha 1984.
- [6] Online zdroj: BROXTEC <http://www.broxtec.cz/page/67987.dopravniky-magneticke-mc/>
- [7] Online zdroj: BROXTEC <http://www.broxtec.cz/page/67986.dopravniky-trisek-hrablove-dfc/>
- [8] Prof. Ing. VINCENT JASAŇ, Prof. Ing. JURAJ KOŠÁBEK, DrSc. Teorie dopravných a manipulačných zariadení, Bratislava 1989. ISBN 80-50-00125-8.
- [9] Online zdroj: WEB ASTOS MACHINERY: <http://www.astos.cz/>
- [10] Online zdroj: WEB BROXTEC: <http://www.broxtec.cz/>
- [11] Online zdroj: WEB MAYFRAN: <http://www.mayfran.cz/>
- [12] Online zdroj: WEB LNS: <http://www.lns-europe.com/>
- [13] Online zdroj: WEB KNOLL: <http://www.knoll.com/>
- [14] Prof. Ing. JÁN BUDA DrSc.: Teoria obrábania, Bratislava 1983
- [15] MMspektrum – Příručka pro technology, dostupné online: www.mmspektrum.com/120402
- [16] Ing. JAROSLAV ŽÁČEK, Teorie obrábění, dostupné online: http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2835
- [17] Soustružnický katalog Pramet Tools, s.r.o., 2014
- [18] MILAN FOREJT, MIROSLAV PÍŠKA.: Teorie tváření a nástroje, 2006, ISBN: 80-214-2374-9
- [19] Výukové materiály VŠB, online: http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/EMO_kapitola_02.pdf
- [20] Informace z webu firmy Hennlich, online: <http://www.hennlich.cz/>
- [21] Katalog řetězy Vamberk, online <http://www.retezy-vam.com/images/stories/PDF/Katalog.pdf>
- [22] Příručka pro konstruktéry od firmy řetězy Vamberk, online <http://www.retezy-vam.com/cs/pro-konstruktery/vypocet-dopravniho-retezu.html>
- [23] LNS Manual maintenance of conveyor PDF

- [24] Informace z webu firmy SKF Group, online: <http://www.skf.com/cz/index.html>
- [25] Informace z webu firmy Siemens <http://www.siemens.com/answers/cz/cz/>
- [26] Informace z webu Raveo <http://www.raveo.cz/prevodovky>
- [27] Vlastnosti a použití oceli http://www.svarbazar.cz/phprs/showpage.php?name=oceli_pouziti
- [28] PAVEL VÁVRA, Strojnické tabulky, třetí doplněné vydání ISBN 80-7183-164-6

Seznam obrázků

- Obr. č. 1 Stroje JohnFord řady ST [1] - <http://www.johnford.com.tw/tw/st80b.htm>
- Obr. č. 2 Pásový dopravník [2] - <http://www.pujcovna-netolice.cz/>
- Obr. č. 3 Válečkový dopravník [3] - <http://www.batacz.cz/>
- Obr. č. 4 Šnekový dopravník [4] - <http://www.snekovedopravniky.eu/snekove-dopravniky>
- Obr. č. 5 Magnetický dopravník [5] - <http://www.mmspektrum.com/>
- Obr. č. 6 Hrablový dopravník [6] - <http://www.support-business.com>
- Obr. č. 7 Článekový dopravník [7] - <http://dig.do/broxtec.cz>
- Obr. č. 8 Výrobek firmy Astos Machinery [8] - <http://www.astos.cz/>
- Obr. č. 9 Mayfran dopravník [9] - http://www.mayfran.cz/products/machine_tool_chip_and_coolant_solutions/chip_conveyors/drag_conveyors
- Obr. č. 10 Výrobek firmy LNS [10] - http://www.lnsamerica.com/chip_conveyors/filtration_chip_conveyors/microfine2/EN-USA
- Obr. č. 11 Schéma JohnFord ST 100CX [11] – Příloha TANS1673
- Obr. č. 12 Klasifikace třísek dle ISO [12] – sken ze zdroje č. 14 str. 93.
- Obr. č. 13 Přídavný lamač třísek [12] – zdroj 16 http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2835
- Obr. č. 15 Lamač třísky na destičkách [14] – Sken soustružnický katalog Pramet, s.r.o., 2014
- Obr. č. 16 Nefungující utvařeč [14] – Sken, soustružnický katalog Pramet, s.r.o., 2014
- Obr. č. 17 Vhodně zvolené řezné podmínky [14] - Sken, soustružnický katalog Pramet, s.r.o., 2014

- Obr. č. 18 Nadměrné řezné podmínky [14] - Sken, soustružnický katalog Pramet, s.r.o., 2014
- Obr. č. 19 Šest základních skupin [14]
- Obr. č. 20 Čtyři podskupiny oceli [14]
- Obr. č. 21 Podmínky a využití destičky [14]
- Obr. č. 22 Koeficient objemového součinitele třísek [15] - Výukové materiály VŠB, online: http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/EMO_kapitola_02.pdf , str. 7
- Obr. č. 23 Druhy konstrukce [16] - <http://www.astos.cz/clankove-k-cnc-strojum>
- Obr. č. 24 Svařovaný rám [17] – vlastní zdroj
- Obr. č. 25 Provedení pásu firmy Broxtec [7] – broxtec.cz
- Obr. č. 26 Článekový pás s výstupky [18] - <http://www.broxtec.cz/page/68087.clankove-pasy-roztec-63-5-mm-standard/>
- Obr. č. 27 Článekový pás s hrábly [19] - <http://www.broxtec.cz/page/68072.nahradni-dily-pro-dopravniky-trisek/>
- Obr. č. 28 Rozměry provedení firmy Hennlich [20] - <https://www.hennlich.cz/produkty/krytovani-stroju-a-triskove-hospodarstvi-pasovy-dopravnik-trisek-typy-pasu-roztece-6021/roztec-3175-mm-1.html>
- Obr. č. 29 Vybraný řetěz firmy řetězy Vamberk [21] - <http://www.retezy-vam.com/images/stories/PDF/Katalog.pdf>
- Obr. č. 30 Zástavbový rozměr [22] – vlastní zdroj
- Obr. č. 31 Zástavbový rozměr závislý na šířce pásu [23] – vlastní zdroj
- Obr. č. 32 Zástavbový rozměr závislý na šířce pásu [23] – vlastní zdroj
- Obr. č. 33 Parametry ozubeného řetězového kola [24]- <http://www.retezy-vam.com/images/stories/PDF/Sprockets-and-plate-wheels.pdf>
- Obr. č. 34 Vizualizace ozubeného kola [23] – vlastní zdroj
- Obr. č. 35 Napínání řetězu [25] – LNS Manual maintenance of conveyor PDF. Str. 25
- Obr. č. 36 Napínací hodnoty z manuálu firmy LNS [25] - LNS Manual maintenance of conveyor PDF. Str. 26
- Obr. č. 37 Řešení napínání [26] - <http://www.elotechnik.cz/loziskova-jednotka-est-212-wb-snr.html>
- Obr. č. 38 Napínací stanice [23] – vlastní zdroj
- Obr. č. 39 Délkové rozměry pásu v dopravníku [23] – vlastní zdroj

- Obr. č. 40 Specifikace motoru [27]
<http://www.elektromotory.cz/produkty/prevodovky/kompaktni-elektroprevodovky-siemens-flender>
- Obr. č. 41 Motor s převodovkou [27]
- Obr. č. 42 Síly působící na hřídel [23] - vlastní zdroj
- Obr. č. 43 Síly působící na hřídel – vlastní zdroj
- Obr. č. 44 Síly působící na hřídel – vlastní zdroj
- Obr. č. 45 Pera těsná [28]
- Obr. č. 46 Jedno z možných řešení nádrže chladící kapaliny
- Obr. č. 47 Separátorový buben firmy Mayfran International www.mayfran.cz
- Obr. č. 48 Vlastní řešení nádrže na kapalinu
- Obr. č. 49 Detail směru průtoku chladící kapaliny – vlastní zdroj
- Obr. č. 50 Znázornění funkce krytování – vlastní zdroj

Seznam tabulek

- Tab. č. 1 Koeficient f_r - [22] http://www.retezy-vam.com/images/stories/PDF/vypocet_dopravniho_retezu.pdf
- Tab. č. 2 Součinitel podmínek provozu [22]
- Tab. č. 3 Součinitel rychlosti [22]
- Tab. č. 4 Maximální měrné tlaky [22]
- Tab. č. 5 Specifikace motoru [25] katalogy firmy SIEMENS www.siemens.cz
- Tab. č. 6 Specifikace převodovky [26] <http://www.transtecno.com/it/>
- Tab. č. 7 Reakční síly vypočtené programem Inventor
- Tab. č. 8 Vypočtené napětí programem Inventor
- Tab. č. 9 Ohybový moment na hřídeli
- Tab. č. 10 Redukované napětí v hřídeli
- Tab. č. 11 Vlastnosti materiálu 14 420 [27] - zdroj příloha materiálové listy
- Tab. č. 12 Hodnoty zatížení ložiska TU 20 TF [28] – specifikace ložiska příloha č. 3

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Parametry napínací jednotky

Příloha č. 2 – Layout stroje ST100CX

Příloha č. 3 – Parametry stojaté ložiskové jednotky

Příloha č. 4 – Materiálové listy 14 420

Příloha č. 5 – 3D model dopravníku

Příloha č. 6 – Poster

Příloha č. 7- Vizualizace 1,2,3

Příloha č. 8 – Výkresy

HŘÍDEL HNACÍ A4

HŘÍDEL HNANÁ A4

ROZMĚRY PÁSU A3

SESTAVA A0

SESTAVA A0-K1

SESTAVA A0-K2

SESTAVA A0-K3

SVARENEC A0

